



Energifleksibilitet til salg

Hvordan dynamiske priser indtog det danske elmarked

Hansen, Anders Rhiger; Trotta, Gianluca; Andersen, Jonas Lund; Green, Gavin Arthur; Hoelgaard, Per Harboe; Wad, Gitte ; Grundvad, Janni

Creative Commons License
Ikke-specificeret

Publication date:
2021

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Hansen, A. R., Trotta, G., Andersen, J. L., Green, G. A., Hoelgaard, P. H., Wad, G., & Grundvad, J. (2021). *Energifleksibilitet til salg: Hvordan dynamiske priser indtog det danske elmarked*. Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet. BUILD Rapport Nr. 2021:15 <https://sbi.dk/Pages/Energifleksibilitet-til-salg.aspx>

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

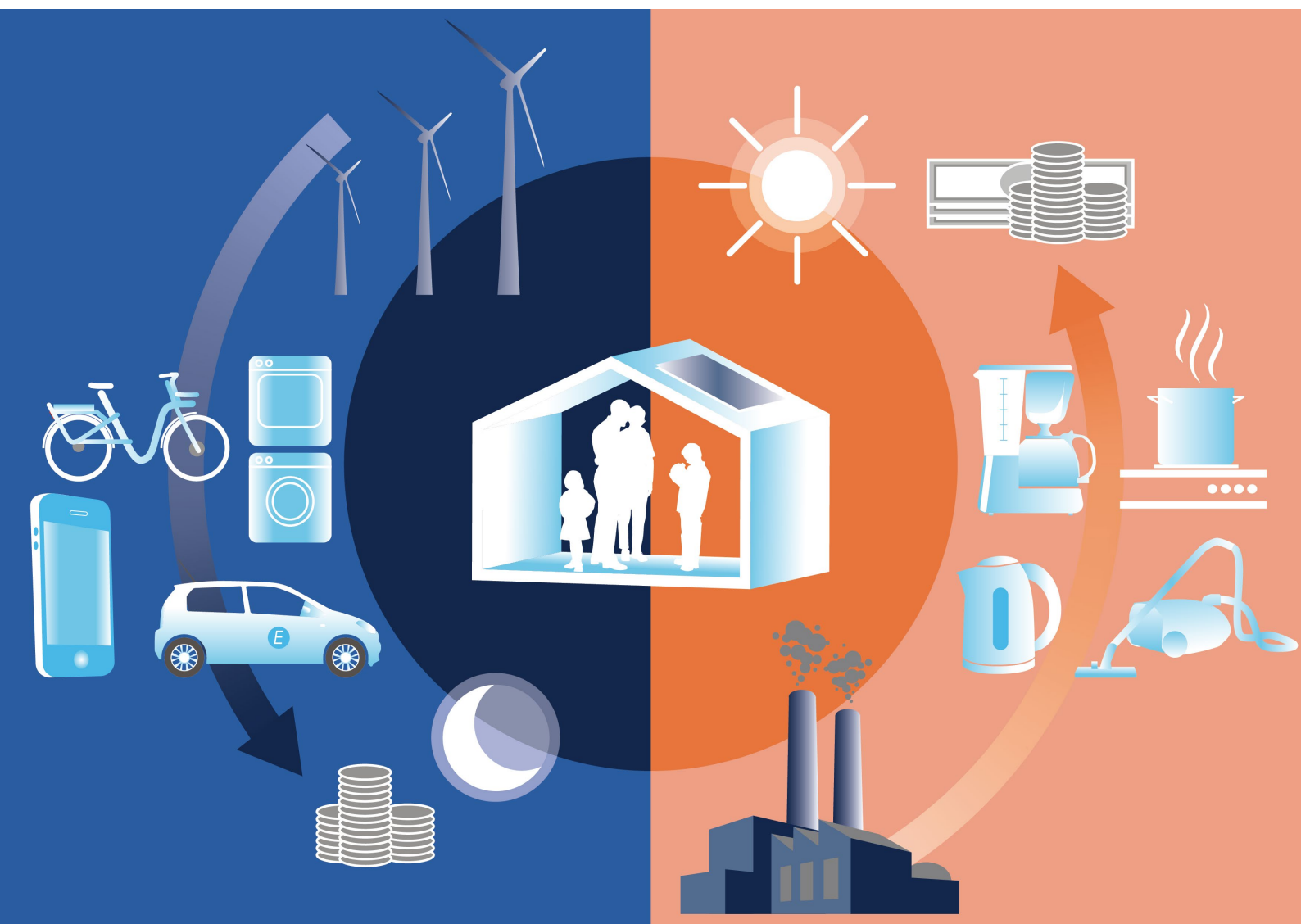
- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

BUILD RAPPORT 2021:15

ENERGIFLEKSIBILITET TIL SALG



ENERGIFLEKSIBILITET TIL SALG

Hvordan dynamiske priser indtog
det danske elmarked

Anders Rhiger Hansen

Gianluca Trotta

Jonas Lund Andersen

Gavin Arthur Green

Per Harboe Hoelgaard

Gitte Wad

Janni Grundvad

BUILD rapport 2021:15
BUILD, Aalborg Universitet
2021

TITEL	Energifleksibilitet til salg
UNDERTITEL	Hvordan dynamiske priser indtog det danske elmarked
SERIETITEL	BUILD rapport 2021:15
FORMAT	Digitalt
UDGIVELSEÅR	2021
UDGIVET DIGITALT	Juni 2021
FORFATTERE	Anders Rhiger Hansen, Gianluca Trotta, Jonas Lund Andersen, Gavin Arthur Green, Per Harboe Hoelgaard, Gitte Wad, Janni Grundvad
SPROG	Dansk
SIDETAL	59
LITTERATURHENVISNINGER	Side 54-55
EMNEORD	Energiforbrug, energifleksibilitet, dynamiske elpriser, eltariffer, demand response, elforbrug, energiforbrugere, energisystem, elhandel, elnet.
ISBN	978-87-563-1996-6
TEGNINGER	Hvor intet andet er angivet Anders Rhiger Hansen
OMSLAGSILLUSTRATION	Claus Nielsen
UDGIVER	BUILD, Aalborg Universitet København A.C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV E-post build@build.aau.dk www.anvisninger.dk

Der gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretsloven.

INDHOLDSFORTEGNELSE

INDHOLDSFORTEGNELSE	5
FORORD	6
RESUME	8
ENGLISH SUMMARY	10
INTRODUKTION	14
1 DEL 1: DYNAMISKE ELPRISER OG FLEKSIBELT FORBRUG	18
1.1 Alle snakker om energifleksibilitet, men fokuserer forskelligt	18
1.2 Typer af dynamiske elprisprodukter	20
1.3 Fra fleksible forbrugere og fleksibelt forbrug <i>til</i> fleksible hverdagsrytmer og praksisser	21
1.4 Dynamiske elprisers påvirker husstandes elforbrug (lidt)	23
1.5 Fortolkning af dynamiske elprisers betydning	26
1.6 En kort historie om dynamiske elprisers indtog i Danmark	28
2 DEL 2: ELNET OG ELHANDELSSESKAB-ERNES ROLLE I UDBREDELSEN AF DYNAMISKE ELPRISER	34
2.1 Et hurtigt indblik i det danske elsystem og elmarked	34
2.2 Elnetselskaberne: Nødvendigheden af et 'fleksibelt' elnet og indsatsen for at sikre det	37
2.3 Elhandelsselskaberne: Markedsføring af dynamiske elprisprodukter til privatkunder	43
3 INDSIGTER OG ANBEFALINGER	50
3.1 Indsigter	50
3.2 Anbefalinger	51
4 LITTERATURLISTE	54
Videnskabelige artikler og rapporter	54
Avisartikler	62

FORORD

Én ting har vi (næsten) alle tilfælles; vores hverdagsliv afhænger af elektricitet. Alligevel fylder spørgsmål om, hvordan elektriciteten bliver leveret, hvem der sørger for det, og hvor meget vi betaler for den, som oftest ikke meget i dagligdagen. Denne rapport stiller skarpt på elpriserens nyeste skud på stammen, nemlig dynamiske eller fleksible elpriser, og holder det op imod hverdagslivet energibehov, samt elbranchens omstilling til at sætte *energifleksibilitet til salg*.

Rapporten er den første udgivelse fra projektet *Flexafregning og energieffektivitet: fører fleksibel afregning til mere effektiv el-anvendelse?* Projektet er finansieret af ELFORSK (352-010) og udføres i samarbejde mellem Aalborg Universitet (AAU), Norlys Energi og SEAS-NVE. Vi vil gerne takke ELFORSK for at støtte projektet og dermed gøre det muligt for os at bidrage med ny viden om dynamiske elpriser, energifleksibilitet og husstandes elforbrug¹.

Projektgruppen består af en blanding af praktikere fra energibranchen (Norlys Energi og SEAS-NVE), som har et energiteknisk og markedsføringsperspektiv, og forskere fra AAU, som har et samfundsmæssigt perspektiv på energiforbrug og hverdagsliv. Med den baggrund håber vi, at rapporten kan give værdifuld viden til begge lejre, så energibranchen kan blive inspireret af det samfundsvidenskabelige perspektiv, og samfundsinteresserede kan blive introduceret til praksis i energibranchen. For begge lejre gælder det, at vi håber, det kan give et indblik i kendte (eller måske oversete) aspekter af historien om dynamiske elprisers indtog på det danske marked.

Projektets næste faser vil undersøge, hvilke typer af husstande, der er mere eller mindre tilbøjelige til at vælge dynamiske elpris-produkter, samt hvilken betydning dynamiske elpriser har for deres forbrugsmønstre. Til sidst i projektet vil vi også undersøge, hvordan husstande tilpasser, eller ikke tilpasser, deres hverdagspraksisser i forhold til spidsbelastningstidspunkter.

Af forskellige grunde er flere af rapportens forfattere ikke længere en del af projektet. Således bidrog Gavin Arthur Green, mens han var ansat hos SEAS-NVE, og Gitte Wad, mens hun var ansat hos Norlys Holding. Både Gavin og Gitte har leveret et uundværligt bidrag i forhold til projektets tilblivelse og første fase. Tak for det. Derudover har Professor Kirsten Gram-Hanssen bidraget til udformning af projektet. Anders Rhiger Hansen er projektleder på projektet og ligeledes hovedforfatter på denne rapport.

BUILD – Institut for Byggeri, By og Miljø, Aalborg Universitet
Sektionen for By, Bolig og Ejendom

Hans Thor Andersen
Sektionsleder

¹ Projektets videre arbejde kan ses her: <https://vbn.aau.dk/da/projects/flexafregning-og-energieffektivitet-f%C3%B8rer-fleksibel-afregning-til>

The background of the page is a light blue color with a pattern of thin, dark blue, wavy lines that flow across the entire surface, creating a sense of movement and depth.

RESUME

RESUME

Denne rapport fortæller den foreløbige historie om, hvordan dynamiske elpriser, hvor prisen på én kWh varierer i løbet af en dag, har indtaget det danske el-marked.

Udover at kortlægge hidtidige dynamiske prisprodukter, så dykker rapporten også ned i forskning i energifleksibilitet, dynamiske prisprodukter og hverdagslivets rytmer.

Implementeringen af dynamiske elpriser er primært motiveret af en nødvendig omstilling af det danske energisystem til større afhængighed af fluktuerende, vedvarende energikilder såsom sol og vindkraft, samt en øget elektrificering af transport og opvarmning, særligt i form af flere private elbiler og varmepumper. Denne omstilling kræver udjævning eller reduktion af elektricitetsbehovet i spidsbelastningsperioder.

Visioner om det intelligente elnet (smart grid) og til dels det digitaliserede hjem (smart homes) har imidlertid også drevet udviklingen. Det gælder også fleksibel afregning, her forstået som timebaseret, fjernaflæst afregning af el, som i sidste ende er muliggjort af den færdige udrulningen af fjernaflæste elmålere (smart meters) til private husstande.

Begrebet energifleksibilitet er central for denne fortælling. Hvor elnettet *efterspørger* større energifleksibilitet, så markedsfører og *sælger* aktører på elmarkedet energifleksibilitet, men til sidst er det de danske husstande, der skal *realisere* energifleksibiliteten ved at udskyde eller reducere deres energibehov under spidsbelastning. I tillæg hertil spiller infrastruktur og teknologier på forskellige niveauer en vigtig rolle i at understøtte behov og praksis i forhold til energifleksibilitet.

Internationale studier tyder på, at dynamiske elpriser har en lille til moderat betydning for energiforbrugsmønstrene. De relativt få danske studier indikerer ligeledes, at husstande reagerer på dynamiske priser, samt at de er villige til at tidsforskyde hverdagsrutiner. Men der er brug for flere empiriske undersøgelser i Danmark, særligt studier baseret på stikprøver, der bedre repræsenterer den danske befolkning.

Derefter opstår spørgsmålet om, hvordan vi kan forstå husstandenes reaktion, samt hvorfor husstande reagerer, eller ikke reagerer, på dynamiske elpriser. En tilgang hentet fra den samfundsvidenskabelig forskning er at flytte fokus fra selve fastsættelsen af priser til det dynamiske i prissignalet i relation til hverdagslivets rytmer og rutiner. Således flyttes opmærksomheden fra de overvejelser og præferencer, som velinformerede elforbrugere måtte have, til timingen af hverdagens rutiner, som i høj grad afspejler samfundets rytmer, rutineprægede praksisser og sociale normer for det gode hverdagsliv.

Hvor de store elnetselskaber har taget todelte tariffer (eller tidsdifferentierede tariffer) til sig, hvor prisen i spidsbelastningsperioder er dyrere, så har elselskaberne i overvejende grad sværget til timevarierende priser, hvor timeprisen afspejler engrosprisen fra Nord Pool.

Disse to typer produkter kendes også med deres engelske betegnelser som henholdsvis Time-of-Use tariffer (ToU) og Real-Time pricing (RTP).

Elnetselskaberne var de første til at tage dynamiske elpriser til sig. Særligt tre udviklinger skabte behovet for at forsøge at skabe større energifleksibilitet. For det første forøgelse af andelen af vindkraft i elproduktionen, dernæst større energibehov som følge af øget elektrificering, og til sidst flere decentrale elproduktionsenheder, der kræver, at elnettet kan håndtere mere strøm i begge retninger. Tidsvarierende tariffer blev således et alternativ til tradi-

onelle løsninger som vedligeholdelse og udbygning af elnettet, samt nyere smart grid-løsninger. Syv selskaber havde i februar i år indført højere tariffer i spidsbelastningsperioden mellem 17 og 20 i vinterhalvåret. Da det handler om de større danske netselskaber, så anslås det, at op mod 80 % af de danske husstande har disse. Selvom produkterne er ens bortset fra prisniveauet, så er der blevet benyttet forskellige betegnelser, herunder 'timetariffer' og 'tidsdifferentierede tariffer'.

Elhandelsselskaber er for nyligt kommet på banen. I vores gennemgang vurderer vi at 18 produkter (ca. 10 %) reelt er dynamiske prisprodukter. Selvom produkterne i høj grad ligner hinanden, da de næsten udelukkende er RTP produkter, så har de fået meget forskelligartede navne og betegnelser. Dette kan medvirke til at gøre det uklart for elkunder, hvornår der egentligt er tale om et dynamisk prisprodukt. Forventningen om flere elbiler og varmepumper vil formentlig forøge efterspørgslen efter, og udbuddet af, dynamiske prisprodukter i fremtiden. Der er allerede tegn på denne udvikling i form af nye spillere på markedet, som satser på specifikke services såsom opladning af elbil eller visualisering af elforbrug, CO₂ udledning og altså forskellige typer af timevarierende prisprodukter.

Når vi i denne rapport kigger fremad, så opstår der en række udfordringer i forhold til effekten af de dynamiske prisprodukter. For det første er der spørgsmålet om, hvorvidt det (økonomiske) incitament er stærkt nok til at få husstande til at reagere på de dynamiske prissignaler. Omkring 30 % af elregningen kan i bedste fald være variabel (hvis man ser bort fra refusion af elafgift) og samtidig er elpriserne relativt lave. For det andet så tyder det på, at den typiske danske husstand ikke bekymrer, eller interesserer sig synderligt for elregninger, elforsyning og spidsbelastningsperioder. Forsyningssikkerheden er høj, og den hidtidige markedsføring af dynamiske prisprodukter er måske ikke for alvor slået igennem endnu. Desuden er produktnavne og beskrivelser i mange tilfælde uklare og ugenomsigtige.

I denne rapport foreslår vi:

- At der arbejdes hen mod fælles definitioner og betegnelser for (forskellige typer af) dynamiske prisprodukter og fleksibelt forbrug.
- At forskellige perspektiver på energifleksibilitet integreres bedre, for eksempel mellem marked, teknologi, og hverdagsliv.
- At der fokuseres mere på, hvordan dynamiske prissignaler afspejler hverdagslivets rytmer og rutiner.

ENGLISH SUMMARY

In recent years, dynamic electricity pricing, where the price of kWh varies during a day, has entered the Danish electricity market. By presenting the product on the market today together with research on energy flexibility, dynamic pricing and everyday rhythms, this report tells the initial story about this entry.

The implementation of dynamic electricity prices is particularly motivated by the necessary transition of the Danish energy system, involving an increase of fluctuating, renewable energy production that demands shaping and reduction of peak electricity loads, and an expected electrification of transport and heating, especially in the form of more electrical vehicles (EV) and heat pumps.

However, visions of smart grid and smart homes have also driven the development, which in the end is made possible by a full rollout of smart meters that can be read remotely.

Energy flexibility is fundamental for this story. Where the electricity grid demands more energy flexibility, the electricity market sells and communicate energy flexibility. Still, in the end, it is the Danish households that have to deliver and provide the necessary energy flexibility by either time-shifting or reducing energy demand during peak hours. Moreover, infrastructure and technologies (at different levels) play an important role in enabling the demand for energy flexibility.

International studies indicate that dynamic electricity pricing has a small to moderate effect on energy consumption patterns. The relatively few Danish studies also suggest that households respond to dynamic pricing and are willing to time-shift everyday practices. However, better empirical evidence is needed in the Danish context to establish this conclusion, especially studies based on samples that represent the Danish population better.

Then, the main question appears; how should we understand and interpret the response from households, and why do the households respond (or not)? One social science approach suggests that focus should shift from pricing itself to the dynamism of the price products in relation to everyday rhythms and routines. In this way, attention move from the considerations and preferences of individual consumers to the timing and organization of everyday routines, which to a large extent depend on societal rhythms, routinized practices and social norms.

Where the large grid companies have presented Time-of-Use (ToU) tariffs, where electricity in peak periods are more expensive, then the energy retailers have predominantly sworn to Real-Time Pricing (RTP) products, where the hourly price of electricity reflect wholesale prices from Nord Pool.

The grid companies were the first to implement dynamic electricity pricing. This was driven by especially three developments; first, an (expected) increased share of renewable energy production, second, an (expected) increase in energy demand following electrification, and third, more decentralized production units which demands the grid to handle electricity flows in both directions. ToU tariffs then became an alternative solution to the traditional in form of maintenance and expansion of the existing grid, and to newer smart grid solutions. Seven grid companies had in February 2021 implemented higher tariffs in the peak load period between 5pm and 8pm from October to March. Because these companies were among the

largest in Denmark, it is estimated that these products cover more than 80 per cent of Danish households. Although the companies' products were similar except for price level, then they have several different terms and names.

Recently, the energy retailers also introduced dynamic pricing products. In our review of the dynamic products on the market, we consider 18 out of 150 to be dynamic price product, i.e. have hourly-varying tariffs. These products are to a large extent similar RTP products, but the description and naming of these are very different. This may cause confusion for the customers that want dynamic pricing. It seems that the supply of such products will increase in the future. The recent development will probably also make room for innovation, for example in order to focus specific services such as EV-charging and visualization of hourly consumption, CO2 emission, and prices.

When we look forward, a set of questions emerge according to a successful further implementation of dynamic price products. First, is the (economic) incentive for households to respond strong enough? About 30 per cent of the electricity bill in Denmark is in best cases dynamic (leaving refund of electricity taxes out), and at the same time electricity prices are relatively low. Second, do the typical Danish household engage enough in electricity tariffs, energy supply and peak load? Energy security in Denmark is high and the marketing of dynamic electricity pricing might not have had broad impact so far. Moreover, product names and descriptions are in many cases unclear.

We suggest to work towards greater agreement upon definitions and descriptions of (different types of) dynamic price products and flexible demand, greater inclusion of different perspectives on energy flexibility, and greater attention on how dynamic price signals reflect the timing and organization of everyday practices.

The background of the entire page is composed of numerous thin, dark blue lines that curve and flow in a rhythmic, wave-like pattern. These lines are more densely packed in some areas, creating a sense of movement and depth. The overall effect is a modern, abstract, and calming visual texture.

1

INTRODUKTION

INTRODUKTION

Timetariffer, FlexEl eller Spotpris. Betegnelserne er mange for de dynamiske elpris produkter, som i de seneste år for alvor har indtaget det danske marked. Men selvom produkterne lyder forskellige, så henviser de til mere eller mindre de samme prisprodukter. Hvor netselskaberne har sværget til todelte tariffpriser, som afspejler spidsbelastning af elnettet (Time-of-Use), så har elhandelsselskaberne primært præsenteret timevarierende priser, som afspejler engrosprisen på el (Real-Time Pricing).

Indtoget af dynamiske elpriser er muliggjort af udrulningen af fjernaflæste elmålere (smart meters) til de danske husstande. Det hænger også tæt sammen med visioner om et intelligent elnet (smart grid) (Dansk Energi & Energinet.dk, 2010; Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2013) eller intelligente hjem (smart homes), samt i det hele taget en øget digitalisering af danske hjem. Men hvordan har dynamiske elpriser indtaget det danske marked? Hvad har de centrale aktører, særligt elhandel- og elnetselskaberne, gjort? Og hvordan skal vi egentligt forstå dynamiske elpriser og deres påvirkning på husstandes elafhængige hverdagspraksisser?

Idéerne bag dynamiske elpriser er lige så gamle, som elektricitetens indtog i danske hjem. Men udsigten til: 1) en omstilling af energisystemet til større afhængighed af fluktuerende energikilder, såsom sol- og vindkraft, og 2) øget elektrificering af transport og opvarmning, såsom private elbiler og varmepumper (Energistyrelsen, 2020a), øger drastisk behovet for 'energifleksibilitet', for eksempel i form af at tidsforskyde energiforbrug (Frits Møller Andersen et al., 2017). Det tyder på, at dynamiske elpriser kommer til at spille en væsentlig rolle i fremtidens energisystem. Blandt andet fokuserer branchevejledningen 'Tarifmodel 3.0', som Dansk Energi i 2020 har anmeldt til Forsyningstilsynet, på "[...] *øget tidsdifferenciering* [...]"² af elforbrug, og den nye lov om ændring af elforsyningsloven har fået tilføjet et krav om, at alle store elhandelsselskaber skal udbyde dynamiske elpriser (Lov Om Ændring Af Lov Om Elforsyning, 2020).

Der er sat politiske mål for reduktion i CO₂-udledninger, mål for udbygning af energiproduktion, men i sidste ende kræver en succesfuld bæredygtig omstilling af det danske energisystem også, at helt almindelige elforbrugere bidrager. I sidste ende er det således de danske husstande, som gerne skal tage dynamiske elpriser til sig ved at levere mere *fleksibilitet* eller øget *engagement*. Hvor elforbrugere tidligere blev opfattet som *passive* med forudsigelige forbrugsmønstre, så er der nu større forhåbning om, at de vil agere mere *aktive* ved at interagere med elsystemet og derved fungere som ressourcer for elsystemet (Dansk Energi & Energinet.dk, 2010). At flytte energiforbrug væk fra spidsbelastningstidspunkterne, eller ganske enkelt reducere forbruget, er måder, husstande kan bidrage til omstillingen af det danske samfund, og (dynamiske) elpriser kan hjælpe ved at signalere, hvordan elforbrug ændres bedst muligt. Spørgsmålet er dog om visionerne bag dynamiske elpriser, og den forventede påvirkning på behovet for energi i danske husstande, holder hele vejen fra design over distribution til dagligdag. Over 80 % af de danske husstande anslås at have dynamiske nettariffer, hvor prisen på en kWh er højere mellem 17 og 20 fra oktober til marts (se afsnit

² Dansk Energi, 19. oktober 2020.

2.2.3). Vi ved imidlertid ikke, hvor mange der har valgt et dynamisk elprisprodukt fra deres elhandelsselskab, men vi forventer, at antallet og udbredelsen i fremtiden vil øges markant. Formålet med denne rapport er, at skabe et overblik over dynamiske elprisers indtog i Danmark, samt at pege fremad ved at præsentere indsigter og anbefalinger på baggrund af samfundsvidenskabelig forskning og energibranchens tidligere praksis.

Denne rapport skal lede op til det fortsatte arbejde i et Elforsk-finansieret projekt, der empirisk undersøger sammenhængen mellem dynamiske elpriser og husstandes elforbrugsmønstre med et særligt fokus på hverdagens rytmer og de hverdagsrutiner, som kræver el³.

I rapporten har vi valgt betegnelsen *dynamiske elpriser*, som en samlet betegnelse for elpriser der varierer over tid i løbet af en dag. Selvom det i en dansk sammenhæng ofte vil være forskellige former for *timeafregnede* elprisprodukter, så har vi valgt den bredere betegnelse *dynamiske*, som også benyttes i elforsyningsloven (Lov Om Ændring Af Lov Om Elforsyning, 2020)⁴.

Rapporten starter med at præsentere *energifleksibilitet* fra fire perspektiver, hvor energifleksibilitet kan forstås som: 1) *materialiseret* i elsystemet, 2) *integreret* i teknologier, 3) *kommercialiseret* på elmarkedet, og 4) *realiseret* i udførelsen af husstandspraksisser. Særligt tre af disse perspektiver er repræsenteret i rapporten. Første del af rapporten fokuserer primært på energiforbrug (afsnit 1.3 og 1.5) og betydningen af elpriser (afsnit 1.2 og 1.4). Dermed kaster det et (kritisk) blik på, hvordan fleksibilitet kan realiseres. Derudover bliver den historiske baggrund for dynamiske elpriser beskrevet i afsnit 1.6.

Anden del af rapporten (afsnit 2) fokuserer på, hvordan energifleksibilitet kan kommercialiseres, og samtidig berører den, hvordan energifleksibilitet kan materialiseres i elnettet. Anden del starter med et hurtigt indblik i det danske elsystem og marked (2.1). Dernæst præsenteres elnetselskabernes udfordringer og (foreløbige) forsøg på løsninger (2.2) og elhandelsselskabernes markedsføring af dynamiske elprisprodukter (2.3). Til sidst peger vi fremad ved at samle pointer fra del 1 og 2 til at vurdere udfordringer og perspektiver i dynamiske elpriser, og betydningen af disse, i en dansk kontekst. På den måde går vi fra det abstrakte teoretiske blik til det konkrete og anvendelsesorienterede blik.

Mens første del primært er udarbejdet af forskerne fra Aalborg Universitet (Anders og Gianluca), så er anden del i høj grad udviklet af repræsentanter fra energibranchen i form af Norlys Holding (Gitte) til delen om elnetselskaberne, mens SEAS-NVE (Jonas og Gavin) og Norlys Energi (Per og Janni) primært har bidraget til delen om elhandelsselskaberne.

Vores ønske er, at denne kortlægning kan bidrage til en mere succesfuld implementering af dynamiske, time-varierende elpriser i Danmark, som kan støtte op om bæredygtig omstilling af det danske energisystem og samfund.

³ Følg med her: <https://vbn.aau.dk/da/projects/flexafregning-og-energieffektivitet-f%C3%B8rer-fleksibel-afregning-til>

⁴ På engelsk benyttes blandt andet begreberne: 'dynamic pricing', 'variable pricing', 'cost-reflective pricing' om produkter, hvor prisen varierer i løbet af dagen (Strengers, 2019).



1

DEL 1: DYNAMISKE ELPRISER OG FLEKSIBELT FORBRUG

1 DEL1: DYNAMISKE ELPRISER OG FLEKSIBELT FORBRUG

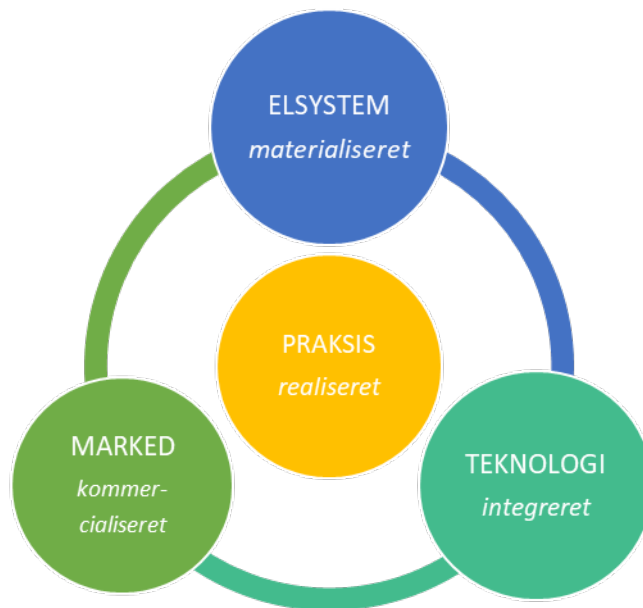
Dette afsnit handler primært om husstandes behov for energi og betydningen af priser. afsnittet har således tre formål: 1) at skabe overblik over forskellige typer af tidsdifferentierede elpriser, 2) at præsentere de internationale studier, der har undersøgt betydningen af tidsdifferentierede elpriser, og 3) at diskutere om husstandes energiforbrug kan forstås som mere eller mindre *fleksibel*. Denne del af rapporten vil primært være baseret på international forskning.

1.1 Alle snakker om energifleksibilitet, men fokuserer forskelligt

I diskussioner om energisystemer og energiforbrug fylder begrebet energifleksibilitet meget. Selvom det ofte er samme betegnelser, der bruges, så kan *fleksibilitet* forstås forskelligt fra forskellige perspektiver (inspireret af Blue et al., 2020, med tilføjelse af et fjerde punkt). Vi vil her forsøge at skitsere fire typiske perspektiver på energifleksibilitet, som ikke nødvendigvis udelukker hinanden, men måske snarere supplerer hinanden (illustreret i figur 1):

1. I **elsystemet** *materialiseres* fleksibilitet i form af systemets målbare evne til at reagere hurtigt på store udsving i efterspørgsel og udbud. Med andre ord hvor kan det måles hvor meget *fleksibilitet* systemet kan klare og er i stand til at levere⁵, fx netkapacitet i form af 'tykkelsen' på ledningen, der forbinder forbrugen med elnettet (Klimarådet, 2016).
2. I **teknologier** *integreres* fleksibilitet i designet, fx i form af timer-funktioner. Dermed bliver *fleksibilitet* en indbygget egenskab af netop den teknologi og type af designs evne til at understøtte tidsforskydning af (for)brug.
3. På **elmarkedet** *kommercialiseres* fleksibilitet i form af dynamiske prisprodukter, dvs. at fleksibilitet bliver underlagt markedsprincipper. Man kan også sige, at *fleksibilitet* bliver udformet som en handelsvare, der skal markedsføres og sælges til kunder.
4. I den sidst form *realiseres* fleksibilitet igennem udførelse af husstandes hverdagspraksisser. *Fleksibilitet* skal således leveres gennem forskydning eller reducere af behovet for el af slutbrugeren, som i sidste ende består af udførelse af bestemte aktiviteter.

⁵ En bygningsevne til at muliggøre fleksibilitet, fx i et fleksibilitets index (Junker et al., 2018), er bedst beskrevet som en blanding af 1) materialiseret fleksibilitet og 2) designet fleksibilitet.



FIGUR 1. Fire perspektiver på energifleksibilitet. Inspireret af Blue et al., 2020.

På den ene side forener det fjerde punkt, hvor *fleksibilitet* realiseres i **energibehov-** eller **praksis**, de øvrige former. Energi leveres af et mere eller mindre *fleksibelt energisystem*, der sælges til husstande i form af et mere eller mindre *fleksibelt elprodukt*, som via en **teknologis** integrerede egenskab til mere eller mindre at understøtte *fleksibilitet*, som i sidste ende i praksis skal føre til at forbruget bliver mere *fleksibelt*. På den anden side står det fjerde punkt lidt uden for de øvrige former, fordi praksisser (eller rutinemæssige aktiviteter) ikke i sig selv kan siges at være fleksible; i stedet kan man sige, at praksisser (det mennesker gør) i deres udførelse kan *tolkes* som fleksibelt. For eksempel er det ikke i sig selv fleksibelt at oplade sin mobiltelefon om natten, men hvis alternativet er at oplade den i løbet af spidsbelastning, så kan det i dens effekt siges at skabe fleksibilitet i energibehov. I mange tilfælde kan fleksibilitet således handle om at en husstand, eller et medlem i en husstand, har muligheden for, og er i stand til, at tilpasse sit forbrug til for eksempel billigere produktion af el. Det afhænger så igen af, om man har den rette teknologi og viden til at gøre det, men formentlig handler det mest af alt om de relaterede hverdagspraksisser er *elastiske* eller *plastiske* i den forstand, at de kan tilpasses andre forhold såsom at udnytte strøm uden for spidsbelastning.

I en analyse af fremtidens elnet på baggrund af anbefalinger af smart grid netværket bliver fleksibilitet defineret som "[...] at en kunde eller et apparat tilsluttet elsystemet ændrer adfærd for at imødekomme et behov fra elsystemet" (Dansk Energi & Energinet.dk, 2012, p. 11). Denne definition flugter med det ovenstående, bortset fra at elforbrug, energibehov eller elforbrugspraksis måske er mere rammende end adfærd, særligt når der henvises til, hvad et apparat 'af sig selv' kan gøre. De giver eksempler med automatisering af varmepumper, som standser fordi en specifik del af elnettet er overbelastet, og hvordan elbilers opladning kan bidrage til at udjævne fluktuerende energiproduktion, og til sidst også hvordan elforbrugere kan udsætte deres hverdagsrutiner, såsom brug af tørretumbler (Dansk Energi & Energinet.dk, 2012). Disse eksempler er ligeledes i tråd med forståelsen af fleksibelt elforbrug, eller fleksible praksisser, som denne rapport bygger på.

Lidt groft sat op, så kan det måske sammenfattes således, at systemoperatørerne (Energinet.dk og netselskaber) efterspørger energifleksibilitet, at de kommercielle aktører (elhandelselskaberne) formidler energifleksibilitet, og at elkunderne, i form af husstandenes praksisser, leverer energifleksibilitet.

1.2 Typer af dynamiske elprisprodukter

I indledningen fremgår det at dynamiske elpriser defineres bredt som elpriser, der varierer over tid i løbet af en dag. Det henfører til priser eller tariffer, som ikke er *flade*, men i stedet *fluktuerer* efter realtids priser på elektricitet med det formål at *udjævne* spidsbelastninger i energibehov i løbet af en dag (Torriti, 2015, p. 15). Dynamiske eller fleksible elpriser er ikke et nyt fænomen. Men med en større afhængighed af vedvarende (og fluktuerende) energikilder kombineret med en fortsat elektrificering af samfundet, er behovet for at *styre* efterspørgslen efter energi, ofte kendt som *demand side management* (DSM), øget markant (Carreiro et al., 2017; Moura & de Almeida, 2010). I forsøget på at balancere husstandes behov for energi med den fluktuerende produktion af energi kan prisbaserede incitamentsprogrammer såsom dynamiske elpriser blive et vigtigt redskab.

Generelt kan dynamiske priser have to formål 1) at *tidsforskyde* elforbrug til tidspunkter hvor belastningen på elnettet er mindre og prisen for produktionen er lavere, eller 2) at *reducere* forbrugsniveau generelt eller på bestemte spidsbelastningstidspunkter (Torriti, 2015). Der kan imidlertid også være andre grunde til at benytte dynamiske priser. Således kan man betragte det som en udvikling af elmarkeder, hvor prissætning bliver mere retfærdig, gennemskuelig og effektiv, når prisen på el i højere grad afspejler den reelle omkostning af energiproduktion (Faruqi et al., 2012).

Der findes tre primære typer af dynamiske prisprogrammer (beskrivelser refererer til Faruqi et al., 2012, og Torriti, 2015):

- 1) *Time-of-Use tariffer*⁶ (ToU) benytter sig af daglige blokke af tid, for eksempel *indenfor* og *udenfor* spidsbelastningstidspunkter (*on-peak* og *off-peak*), hvor prisen *indenfor* spidsbelastningstidspunkter er højere end *udenfor*. Således er de primært designet til at afspejle den gennemsnitlige indkøbspris af elektricitet eller variationer i belastning i forskellige perioder af dagen.
 - a. *Super Peak ToU* adskiller sig ved at spidsbelastningstidspunktet (peak) er kortere, ofte kun fire timer.
 - b. *Inclining Block Rate (IBR)* adskiller sig ved, at kunderne er inddelt i niveauer, hvor der er højere rater for de højeste niveauer.
- 2) *Critical Peak Pricing*⁷ (CPP) består af en prissætning hvor priser følger kritiske spidsbelastnings-tidspunkter for bestemte timer på dage med særlige begivenheder.
 - a. *Variabel Peak Pricing (VPP)* adskiller sig ved, at der er tilføjet variation i prissætningen.
 - b. *CPP-ToU kombination* adskiller sig ved at være en ToU tarif, hvor en moderat CPP er tilføjet i de mest belastede timer på året, mens en højere CPP gælder på udvalgte begivenhedsrige dage.
 - c. *Peak Time Rebate (PTR)* adskiller sig ved, at kunder kan optjene en rabat ved at reducere deres forbrug i løbet af spidsbelastede timer.
- 3) *Real Time Pricing (RTP)* kan oversættes til realtids prissætning. Her bliver kunderne afregnet i forhold til realtids engrosprisen på elektricitet, for eksempel på en timebaseret pris. I en dansk sammenhæng henviser realpriser til Nordpool engrospriser.

⁶ Vi har valgt ikke at oversætte dette til dansk, da den engelske betegnelse også bruges i danske sammenhænge. Time-of-Use er også kendt som *dual tariffs* (Torriti, 2015), som lidt forceret kan oversættes til dobbelt tariffer.

⁷ Critical peak pricing kan oversættes til kritisk spidsbelastnings prissætning.

- a. *Critical Peak RTP* adskiller sig ved at være en tarif med timeafregning baseret på geografiskbestemte priser (måske bedre kendt som *locational marginal price* (LMP)) og med tilføjede udgifter for kapacitet, som fokuserer udelukkende på begivenhedsrige timer.

Typerne varierer blandt andet i kompleksitet, og der er forskning som peger på, at der er udbytte i form af simple prisprogrammer både i forhold til elkunders engagement og økonomisk effektivitet. Således kan RTP beskrives som mere risikabel, men med højere gevinst, mens ToU beskrives som mindre risikabel, men med lavere gevinst, og med CPP i midten (Faruqi et al., 2012). Det mest populære dynamiske prisprodukt har da også været ToU (Time of Use), hvor strukturen er relativ simpel med højere priser for en bestemt periode af dagen (Torriti, 2015). Men fordi ToU prisprodukter ofte består statiske prismønstre, fx on-peak overfor off-peak, så kan de være mindre effektive i det danske energisystem, som i høj grad er baseret på vindenergi, og produktionen dermed fluktuerer meget (Katz et al., 2016). Derimod kan RTP være mere fornuftigt og mere dynamisk, som fra et økonomisk teoretisk perspektiv kan være fordelagtigt. Et dansk studie af økonomiske incitamenter i forskellige prisprodukter baseret på prissimulering under forskellige scenarier foreslår således at et mere simpelt prisprodukt, fx ToU, vil være godt til at få husstande til at reagere på dynamiske priser (Katz et al., 2016). Men derefter vil det formentligt være fordelagtigt at få husstandene til at skifte til RTP, som økonomisk set er et mere effektivt produkt. I tillæg foreslår de, at belønne *fleksible* kunder helt specifikt, ikke mindst fordi disse kunders økonomiske gevinst måske vil være meget lavere i et scenarie hvor halvdelen af strømmen til forbrug kommer fra vindkraft (Katz et al., 2016). På den måde anerkender studiet, at økonomiske tilskyndelse til at tilpasse forbrug til fluktuationer i produktion af el (fx RTP) skal gå hånd i hånd med husstandes (formodede) efterspørgsel efter simple og lettere forståelige prissignaler (fx ToU).

1.3 Fra fleksible forbrugere og fleksibelt forbrug til fleksible hverdagsrytmer og praksisser

Markedsføring og forbrug. Det ene hænger uløseligt sammen med det andet. Så når elprisprodukter markedsføres som *dynamiske*, hvordan skal vi så forstå forbruget af el? Selvom forbrug per definition er dynamisk (Shove et al., 2012; Warde, 2017), så benyttes betegnelsen *fleksibilitet* ofte om forbrug eller forbrugere, der på den ene eller anden måde reagerer, eller er i stand til at reagere, i forhold til det dynamiske priser. Det er også blevet foreslået at husstandes evne, eller kapacitet, til at tidsforskyde forbrug beskrives som en *fleksibilitets kapital* (Powells & Fell, 2019), hvilket også kan forstås sådan at konsekvenser af indsatsen for fleksibilitet på forbrugssiden rammer nogle husstande hårdere end andre (Fell, 2019). På denne måde refererer fleksibilitet primært til husstandes evne til at tidsforskyde, eller overordnet ændre, deres forbrugsmønster. Mere specifikt kunne man sige, at det i sidste ende handler om *elasticiteten* af de hverdagsrutiner, som afhænger af el, altså i hvor høj grad husstande er i stand til at ændre deres daglige rutiner eller ej. Men giver det mening at snakke om *fleksibelt* forbrug eller *fleksible* forbrugere?

Udgangspunktet for dette afsnit er, at præsentationen og markedsføringen af dynamiske elprisprodukter har tendens til at overvurdere forbrugernes evne til at ændre deres forbrug. Med andre ord lader der er en (underliggende) forestilling om forbrugeren overvejende er en rationelle aktør, der ønsker, og er i stand til, at optimere sit forbrug, særligt med henblik på økonomiske interesser (Strengers, 2019). Den samme kritik kan rettes mod forsøg på ju-

stere elforbrug generelt (Demand Response) (Christensen et al., 2020). Troen på at husstande kan flytte deres elforbrug ved at reorganisere deres hverdagspraksisser, kan således risikere at fokusere for ensidet på individers formåen til at ændre deres egen adfærd. Et alternativ er at udvide forståelsen af praksis til tre i teorien lige vigtige dele: 1) individernes (kropslige) vaner og kompetencer, 2) praksissens (fælles) formål, baseret på sociale normer og institutionaliserede standarder, og 3) den teknologi eller infrastruktur, som er afgørende for hvordan den givne praksis udføres (Gram-Hanssen, 2011; Shove et al., 2012). På den måde skifter fokus til trægheden, og det vanemæssige, i forbrugspraksisser, særligt i behovet for energi, hvor selve forbruget ofte foregår i det skjulte (Shove & Warde, 2002; Warde, 2005).

Forbrugere er i stand til at vælge selv, men der er bred samfundsaglig enighed om at adfærd er begrænset af mange faktorer. Det kan blandt andet forstås som en række *biases* der besværliggør den *rette* adfærd (Thaler & Sunstein, 2012) eller at det såkaldte *value-action gap* betyder, at vi ikke kan nøjes med at studere forbrugers intentioner og overbevisninger (Southerton, 2006). At forbrugere agerer økonomisk irrationelt, som praksisteori perspektivet ovenfor argumenterer for, er ligeledes anerkendt indenfor økonomisk adfærdsteori. Det er begrænset, hvor meget information, forbrugere kan tage ind og agere i forhold til (*bounded rationality*), valg foretages ofte automatisk og hurtigt uden store refleksioner (*prospect theory*), og overvejelser over senere konsekvenser af de valg, som tages lige nu, tenderer til at være meget kortsigtede (*intertemporal choice*) (Hayes, 2020).

Med andre ord skal der noget ekstraordinært til at overbevise personer, og et (bedre) alternativ kunne være at ændre de fysiske omgivelser, som strukturer manges adfærd på samme tid, eller fokusere på relationen mellem mennesker, fx ved at forsøge at ændre normer for hvordan og hvorfor vi udfører bestemte praksisser. Fra dette perspektiv mener vi således, at man ikke bør forvente at forbrugere kan handle velovervejede hvis blot de har den rette (og fulde) viden og de rette (økonomiske) incitamenter. Individuelle valg bør ses som udtryk for kropslige vaner, ubevidste daglige rutiner og formet af fysiske omgivelser, og opmærksomheden bør rettes mod *hvorfor* forbrugere *vælger*, som de gør, og *hvorfor* de *ændrer* deres forbrug som de gør, eller hvorfor de netop ikke ændrer det ret meget.

At flytte fokus fra forbrugeren af el (den der gør noget) til forbruget eller praksis (det forbrugeren gør) medfører en række pointer:

1. **Elektricitet forbruges igennem hverdagspraksisser**, hvor formålet (og dermed fokus) er på at udføre den givne praksis (fx en dagligdagsrutine) snarere end at forbruge elektricitet (i sig selv) (Shove & Walker, 2014). På den måde handler det om den service elektricitet leverer.
2. **Forbrugeren udfører rutinemæssigt hverdagspraksisser forskelligt**, fx med afsæt i sociale forskelle i kropsliggjorte 1) *kompetencer*, fx til at benytte en teknologi, 2) *interesser* og *vaner*, fx for at spare penge, og 3) *engagement*, fx hvis rutinen indgår i en hobby eller på anden måde er vigtig for personen (Warde, 2005).
3. **Hverdagspraksisser er dynamiske**, hvilket vil sige, at de konstant reproduceres, opretholdes eller ændres når de bliver udført (Shove et al., 2012).
4. **Behov for el opstår igennem udførelsen af hverdagspraksisser**, som er formet af 1) fysiske omgivelser, fx elektriske apparater eller infrastruktur, 2) elforbrugets relation til andre, fx i form af statusmarkører eller interaktion med andre, 3) uskrevne regler og samfundsnormer, fx normalisering af energitunge (smarte) elapparater (se blandt andet Gram-Hanssen (2011)).
5. **Timing af husstandes elforbrugspraksisser hænger sammen med hverdagens rytmer**, som refererer til den tidsmæssige koordinering af hverdagsrutiner, for

eksempel at nogle hverdagsrutiner efterfølger andre (Southerton, 2020), og dermed også følger samfundets tidsmæssige rytmer, altså hvordan hverdagens rytme afhænger af samfundets rytmer, fx hvornår butikker, børnehaver og tandlæger har åbent, bliver ligeledes afgørende (Blue et al., 2020).

For at forstå hvorfor husstande forbruger el på den måde de gør, og på de tidspunkter de gør, så må vi forstå både selve praksissen, hvorigennem behovet for energi opstår, og den kontekst, som praksissen udføres i. Inspireret af (Nicolini, 2009) kan udtrykke det som at zoome ind og ud:

1. **Zoome ind på:**

- a. *HVAD* er de konkrete **aktiviteter**, som udgør praksissen, og deres daglige rytme, fx sætte elkedel i gang eller sætte batteri til opladning.
- b. *HVORDAN* anvendes de **teknologier** eller materialer, som benyttes i udførelsen af praksissen, fx hvordan placeringen af 'mikro-infrastruktur' såsom mobillader, kaffemaskine eller kontakter har betydning for brugen af dem.
- c. *HVORFOR* udføres praksissen (**formål** eller mening), fx om praksissen er et led i at skabe hygge eller udføres for at sikre bekvemmelighed og orden.
- d. *HVORFRA læres* praksissen eller *HVORDAN deles* den med andre, fx om praksissen deles af familiemedlemmer eller venner.

2. **Zoome ud:**

- a. På forbindelserne mellem forskellige praksisser, fx hvordan en praksis afhænger af en anden såsom synkronisering med samfundsrytmer og normer.
- b. På hvilken betydning praksissen har for kollektive forståelser af den service den leverer, fx hvordan normalen for servicen bekvemmelighed ændres når en praksis i højere grad automatiseres.

Det er selvfølgelig et ideal at undersøge både ved at zoome ind og ud, men den væsentligste pointe er at have blik for sammenhængen mellem mikro-processer (fx handlinger) og makro-processer (fx sociale strukturer) (Jacobsen & Hansen, 2019), samt at disse elementer har en historisk komponent, hvilket vil sige, at de måske har rødder i historiske strukturer (fysiske såvel som sociale).

1.4 Dynamiske elprisers påvirker husstandes elforbrug (lidt)

Et studie, der har gennemgået empiriske undersøgelser af forbrugeres efterspørgsel efter ToU produkter, peger på at opt-out løsninger, hvor kunden skal framelde sig produktet, er langt mere effektive end opt-in løsninger, hvor kunden skal tilmelde sig produktet (Nicolson et al., 2018). Derudover peger studiet på, at forbrugere har en vis interesse i ToU tariffer, og at statiske tariffer, hvor priserne indenfor og udenfor spidsbelastnings-tidspunkterne (peak/off-peak) er faste, er mere populære end tariffer, hvor prisen frit varierer i løbet af dagen (RTP) (Nicolson et al., 2018).

Der er nogle anbefalinger til design af dynamiske prisprodukter, som går igen i studier (se fx Kessels et al. (2016) og Faruqui et al. (2012)):

- 1) **Enkelhed er afgørende.** Prissignalet bør være lette for kunden at forstå uden alt for meget information.

- 2) **Kort on-peak periode:** Spidsbelastningsperioden bør være så kort som mulig, men selvfølgelig stadig lang nok til at afhjælpe belastningen af energisystemet.
- 3) **Tydelige prisforskelle:** Produktet bør indeholde væsentlige prisforskelle, fx mellem spidsbelastning og resten af dagen.
- 4) **Lave priser:** Priser bør så godt som muligt afspejle, hvad det koster at producere el.

Det kan imidlertid blive svært at følge alle anbefalingerne i samme produkt, da enkelhed (1) kan stride imod korte spidsbelastnings perioder (2), og det samme kan gælde for tydelige prisforskelle (3) og lave priser (4). Men alle fire punkter er i hvert fald nødvendige overvejelser i forhold til at designe, evaluere og udrulle et nyt produkt.

Når kunden så har fået introduceret et dynamisk prisprodukt, så er det store spørgsmål hvorvidt dynamiske elpriser faktisk fører til en tilsvarende ændring i elforbrugsmønstre. Dette spørgsmål er kernen i dette projekt og således også baggrunden for denne rapport. Senere i projektet vil vi undersøge dette empirisk, men en sådan undersøgelsen bør bero på en grundig gennemgang af tidligere studier. Dette afsnit har til formål at skabe et overblik over tidligere studier. Det er således ikke en udtømmende præsentation af viden på området, men i stedet et første spadestik.

Effekten af dynamiske elpriser, eller tariffer, har længe haft forskeres interesse. Blandt de tidligste studier er Douglas Cave og kollegaers undersøgelser fra USA i 80'erne i USA (Caves et al., 1984, 1987, 1989; Caves & Christensen, 1980b, 1980a) og et ToU studie fra Storbritannien i 90'erne er blandt de tidligste (Henley & Peirson, 1998). Hvis man ser overordnet på nyere studier, der har undersøgt effekten af dynamiske priser, så tyder det på, at energiforbrugere reagerer på prissignaler i tidsvarierende elpriser, men effektens størrelse varierer meget. Det gælder både ToU programmer (Bartusch et al., 2011; Burns & Mountain, 2021; Darby & McKenna, 2012; Faruqui et al., 2017; Faruqui & Sergici, 2010; Torriti, 2012; Torriti et al., 2010; UK Power Networks, 2014), CPP programmer (Faruqui et al., 2017; Herter & Wayland, 2010; Renner et al., 2011) og RTP programmer (Allcott, 2011; Faruqui & Sergici, 2010; Yousefi et al., 2011). På tværs af vores foreløbige gennemgang, så tyder det dog på at CPP og RTP har større effekt end ToU, som generelt viser moderate eller små effekter.

Når vi her forsøger at skabe et samlet overblik over den viden der er om effekten af dynamiske priser for forbrug, så er det vigtigt at fremhæve at resultaterne af de forskellige studier er meget følsomme overfor metodisk design, stikprøve størrelse, udvælgelse af stikprøve, tidsramme af data, hvilke muligheder elforbrugere har fået, samt definitionen af undersøgelses- og kontrolgruppe. Med det i baghovedet, så tyder tidligere studier på at elforbrugere reagerer mere på prissignal når prisforskellen mellem perioder *med* spidsbelastning og perioder *uden* spidsbelastning er højere (også kaldet *peak to off-peak price ratio*) med en faldende betydning for reaktionen jo højere prisforskellen er.

Ud over de ovennævnte metodiske forbehold, så er der også en række forhold, som forskellige studier peger på hænger sammen med betydningen af dynamiske priser og energiforbrug. Det gælder blandt andet socio-økonomiske husstandsforhold (Burns & Mountain, 2021), regionale vejrforskelle, årstider (Bartusch & Alvehag, 2014), opt-in overfor opt-out modeller, teknologier til at kontrollere forbrug og hvorvidt husstanden selv producerer el ved hjælp af solcelleanlæg. Til sidst er der også vigtige forskelle i forhold til fokus og sprogbrug, for eksempel bruges der forskellige betegnelser for stort set det samme. Nogle studier kan fokusere på 'peak shaving', hvor prisprogrammets evne til at *udjævne* forskellen mellem spidsbelastning og andre tidspunkter undersøges, mens andre fokuserer på 'peak demand reduction', hvor prisprogrammets evne til at reducere behovet for el under spidsbelastning undersøges.

Selvom der ikke er udført et større videnskabeligt studie af betydningen af dynamiske priser for danske husstandes elforbrugsmønster (så vidt vi ved), så er der undersøgelser,

som indikerer, at danske elkunder reagerer på dynamiske prissignaler. Radius har således fundet at indførelsen af tidsdifferentierede tariffer har haft en effekt på elforbruget i spidsbelastningsperioden fra 17 til 20 i vinterhalvåret. Den 1. december 2017 indførte Radius således tidsdifferentierede tariffer, hvor kundernes pris afhæng af den faktiske pris på markedet. Ved at sammenligne forbruget før (i 2017) med forbruget efter (i 2018) for 5.644 installationer, som var en blanding af husstande og erhvervsdrivende, så fandt de en signifikant reduktion på 3,4 % af spidsbelastningen som følge af de tidsdifferentierede tariffer (Radius Business Management, 2019). Derudover har Epinion foretaget en spørgeskemaundersøgelse for De Frie Energiselskaber, som indikerer, at husstande ikke flytter elforbrug i forhold til billigere strøm (De Frie Energiselskaber & Kile Kommunikation, 2020). Således svarer 88 % af den repræsentative stikprøve (ikke angivet hvor stikprøven er trukket fra), at de ikke bevidst har 'flyttet' elforbrug til andre tidspunkter af døgnet for at udnytte lavere priser eller for at bruge 'grøn' strøm. Til gengæld svarer 52 %, at de er åbne for at tidsforskyde elforbrug, og 40 % svarer, at de er villige til at få afbrudt strømmen i en kort periode med to timers varsel. Det er imidlertid ikke specificeret hvad en 'kort periode' er, samt hvor stort betydningen af bidraget er, hvor økonomisk gevinst, klima og forsyningssikkerhed i øvrigt blandes sammen. Opløftende er det dog, at 67 % svarer, at de er klar over, at strømmen er dyrere i kogespidsen i vinterhalvåret og at 70 % er enige eller helt enige i, at det er en god idé med muligheden for at flytte forbrug (De Frie Energiselskaber & Kile Kommunikation, 2020).

Et dansk eksperiment indikerer også, at prisincitamentet kan få forbrugere til i mindre grad at tidsforskyde deres forbrug (Frits Møller Andersen et al., 2017). Baseret på et almindeligt forbrug er potentialet for at flytte behov imidlertid lille, men med elbil og varmepumpe, så vurderes det i studiet, at potentialet cirka kan fordobles. Derfor konkluderer studiet, at det ville være fordelagtigt til en start at fokusere på husstande med varmepumpe og/eller elbil. Det kan endvidere betyde fokus på områder udenfor den kollektive varmeforsyning og i nybyggerier, samt i højindkomst områder (Frits Møller Andersen et al., 2017).

Et tidligere projekt af forskningsgruppen på Aalborg Universitet, som også dette projekt udspringer af, har desuden undersøgt danske solcelleejeres adfærd som energi 'prosumers', hvor husstande både forbruger og producerer el⁸. I en spørgeskemaundersøgelse spurgte vi således direkte til, hvorvidt solcelleejere (energi prosumers) flyttede deres forbrug i forhold til spidsbelastning af elnettet og i forhold til deres egen produktion. Resultaterne viste, at omkring halvdelen i høj eller nogen grad flyttede forbrug til deres egen produktion om dagen, mens det kun gjaldt for omkring hver sjette, når det handlede om at flytte forbrug til om natten (Gram-Hanssen et al., 2020; Anders Rhiger Hansen et al., 2019; Jacobsen et al., 2019). Det peger på, at danske husstande er interesserede i at flytte forbrug, selvom det formentlig mest af alt handler om at solcelleejere er en særlig gruppe af energiforbrugere, som er mere engagerede og aktive energiforbrugere. Men måske kan solcelleejerne fortælle noget om kombinationen mellem prissignal (økonomisk incitament), teknologi (den umiddelbare nærhed af energiproduktion) og forbrugspraksis (fx typen af engagement i forhold til energi). I hvert fald tydede vores analyser på, at de solcelleejere som mente, at de var blevet mere miljøbevidste af at have solcelleanlæg var mere tilbøjelige til at flytte forbrug til fordel for elnettet, dvs. om natten. Modsat var de solcelleejere, som var mere fokuserede på egne økonomiske gevinster, efter eget udsagn, mere tilskyndet til flytte forbrug i forhold til deres egen produktion. Mest betydningsfuldt var afregningsordning dog. Husstande som var time- eller øjeblikksafregnede lod således klart til at være mere tilbøjelige til at flytte elforbrug til egen produktion (Gram-Hanssen et al., 2020; Anders Rhiger Hansen et al., 2019). Selvom

⁸ Se mere her <https://vbn.aau.dk/da/projects/solcelleejeres-motivation-og-adf%C3%A6rd-som-prosumers>

gruppen af solcelleejere i Danmark beviseligt adskiller sig fra resten af befolkningen (Anders Rhiger Hansen et al., 2018), særligt hvad angår engagement i klima og miljø, så giver deres svar en lille indikation af at økonomisk gevinst ikke er det eneste på spil. Således bruger lige mange (ca. to ud af tre) argumenterne 'At være *selvforsynende*', 'At det er godt for *miljøet*' og 'At det giver *økonomisk* gevinst' for at tidsforskyde elforbrug til produktionen af egen strøm. Derudover peger spørgeskemaundersøgelsen også på, at helt praktiske forhold er vigtige, fx om det passer ind i deres hverdag eller om der er nogen hjemme i løbet af dagen (Gram-Hanssen et al., 2020; Jacobsen et al., 2019). Der er selvfølgelig en række forbehold at tage overfor resultater baseret på spørgsmål som disse, men det giver trods alt en indikation af at pris spiller en stor rolle for at tidsforskyde (eller reducere) elforbrug, men at faktorer som engagement i energi, klima og miljøspørgsmål eller dagligdagens praktik og rytme måske er lige så vigtige at forstå for at bidrage til mere fleksibilitet i danskernes energiforbrug.

Den store variation på tværs af regioner og typer af dynamiske prisprogrammer i undersøgelserne af effekten af dynamiske elpriser understreger behovet for at undersøge betydningen af dynamiske elpriser i en dansk kontekst. Desuden har elmarkedet ændret sig meget de senere år og datagrundlaget bliver gradvist bedre. Derfor mener vi tiden er den rette til at undersøge sammenhængen mellem dynamiske elpriser og forbrug for helt almindelige danske husstande.

Resten af dette Elforsk finansierede projekt handler netop om at undersøge hvorvidt dynamiske elpriser påvirker forbruget for danske husstande. Det inkluderer både en mere grundig gennemgang af de ovenstående studier, samt empiriske undersøgelser af timebaseret forbrug og priser for et udsnit af danske husstande.

1.5 Fortolkning af dynamiske elprisers betydning

Det tyder altså på, at der kun er beskedne gevinster i forhold til reducere af spidsbelastning fra indførelsen af dynamiske prisprogrammer, og at reaktionen fra forbrugerne varierer rigtig meget på tværs af kontekster, fx med henvisning til regioner og det specifikke prisprogram. En forklaring kan være at hverdagsrutiner, og deres daglige rytme, er så rodfæstede at dynamiske priser ikke er nok til at påvirke dem (Torriti, 2015, med henvisning til Gram-Hanssen, 2011, og Shove, 2004). Denne forklaring underbygges også af forskning, der påpeger hvordan der ikke er en direkte sammenhæng mellem prissignal og forbrug, men at betydning af pris først påvirker forbrug, når signalet indlejres som en ændret forståelse af hvordan hverdagspraksisser, som elforbruget sker igennem, bør udføres (Christensen et al., 2020; Friis & Christensen, 2016; Anders Rhiger Hansen, 2018; Strengers, 2019). I stedet handler en succesfuld relation mellem prisincitament og forbrug om at fokusere på engagement i praksisser, kompetencer og ikke mindst de teknologier, som tages i brug (Christensen et al., 2020)

Det er vigtigt at stille de rigtige spørgsmål, da det ellers kan flytte fokus fra hvad der faktisk er mulighedsrummet eller retter hvor der måske ikke er et mulighedsrum. Jacopo Torriti, som er en anerkendt forsker i dynamiske elprisers effekt, fremsætter i sin bog fra 2015 (Torriti, 2015) tre spørgsmål, som han mener bliver afgørende for at balancere energibehov og produktion:

- 1) Hvordan er energispidsbelastninger skabt?
- 2) Hvilke energibehov er fleksible?
- 3) Hvilke muligheder er der for succesfuldt at flytte belastningen af elnettet?

I forhold til 1) så kunne man tilføje hvordan reproduceres, opretholdes og forandres spidsbelastninger eller hverdags/forbrugsrytmer over tid, og 2) kunne også henvise til stabile, foranderlige, solide eller forankret i teknologier, infrastruktur eller sociale relationer at hverdagspraksisserne, og deres tidslige rytme, er.

Det ligger altså i tråd med beskrivelsen af energibehov og energiforbrug i afsnit 2.2. For når vi observerer mønstre i energiforbruget i løbet af en dag, så afspejler det i sidste ende hvad folk gør (intensitet), og på hvilket tidspunkt de gør det (timing). Det er altså den tidslige rytme af husstandes hverdagspraksisser, som skaber tidsvarierende energiforbrugsmønstre, og dermed dem vi skal fokusere på hvis vi ønsker at påvirke forbruget (og i første omgang vurdere mulighedsrummet). Med andre ord skal prissignaler transformere praksisser for at ændre forbrugspraksisser (Christensen et al., 2020; Friis & Christensen, 2016; Anders Rhiiger Hansen, 2018; Strengers, 2019).

Figur 2 illustrerer hvordan der ud fra dette perspektiv ikke er en direkte relation mellem prissignal og forbrug, men at det i stedet handler om at prissignalet (eller dynamikken) bliver integreret i praksisser, hvor brugernes engagement i praksissen, den bestemte teknologi (og måden at bruge den på), og sociale relationer til andre, fx gennem fælles normer eller indlejrede vaner, og derved har indflydelse på slutforbruget.



FIGUR 2. Relation mellem prissignal, praksis og elforbrug (billeder fra Colourbox.com, redigering i Microsoft Visio).

I tråd med det tager den australske forsker Yolande Strengers (2019) det provokerende udgangspunkt, at det først og fremmest handler om *variabilitet* og *dynamik*, og dernæst om prissætning. Hun foreslår at skifte fokus fra selve prisfastsættelse af el til, hvordan elprisers tidsvariation (varighed, hyppighed og regelmæssighed) konvergerer med rutiner og rytmer i hverdagslivet. Med andre ord forsøger hun at ændre den grundlæggende forestilling om, at økonomiske incitamenter, under de rette omstændigheder (viden og motivation), 'korrigerer' forbrugsmønstre til at priser i stedet blot er én måde, eller ét instrument, til at opretholde eller potentielt ændre hverdagens organisering, som udgør behovet for energi (Walker, 2014). Endvidere kan det tilføjes, at det ikke er pris alene der bestemmer tidspunkter for behov for energi, men i stedet hvordan hverdagsrutiner er forpligtet på samfundet, fx butikkers åbningstider og sociale normer om måltider (Torriti, 2015). Energi fleksibilitet bliver således et konstant udviklende resultat af hverdagens rytmer og timingen af hverdagspraksisser, og hvis det tidslige aspekt af hverdagspraksisser bliver adskilt fra energibehov og energiforsyning, så er risikoen at behovet for energi stabiliseres fremfor at blive ændret til i højere grad af afspejle dynamikken i produktionen af el (Blue et al., 2020).

Strengers har selv lavet en del studier af dette. For eksempel refererer hun sammen med sin kollega Larissa Nicholls til fænomenet 'family peaks' (familiens spidsbelastnings-

tidspunkter) om perioder, der er meget stramt organiseret tidsmæssigt, stærkt rutineprægede og dermed ufleksible (Nicholls & Strengers, 2015). I Danmark kender man et eksempel på dette som 'ulvetimen', men det begrænser sig ikke blot til sene eftermiddagstimer. Derfor kan det også være relevant at bruge begrebet 'hot spots' og 'cold spots' i løbet af dagen, som blandt andet refererer til hvor højt aktivitetsniveauet er i husstanden (Southerton, 2003).

Hvilke forbrugspraksisser er det så husstande er i stand til at flytte? Et dansk eksperiment med elbiler pegede på at særligt elforbrug til opvask, tøjvask og opladning af elbil, har potentiale til at blive flyttet i tid (Friis & Christensen, 2016), hvilket bakkes op af en spørgeskemaundersøgelse blandt solcelleejere (Gram-Hanssen et al., 2020). Men tilbage står stadig spørgsmålet om hvordan helt almindelige danske husstande, som hverken er med i pilotprojekt eller har solcelleanlæg, kan flytte af energibehov. Det gælder særligt når varmepumper og elbiler i højere grad erstatter tidligere løsninger baseret på fossile brændsler.

1.6 En kort historie om dynamiske elprisers indtog i Danmark

Dette afsnit er hovedsageligt baseret på en bog om hvordan elektriske apparater indtog de danske hjem (Olesen & Thorndal, 2004), samt en gennemgang af artikler om dynamiske elpriser og fleksibelt forbrug i danske medier gennem tiden⁹.

1.6.1 Dynamiske eltariffer er en gammel nyhed

I 1891 blev de to første danske offentlige elværker oprettet i Køge og Odense. Dermed havde elektricitet for første gang tændt lys i danske hjem, men det var først i 1940'erne at elektricitet var nået bredt ud til danske husstande (Olesen & Thorndal, 2004, p. 13). For at øge salget af el promoverede elselskaberne hvordan elapparater kunne levere bedre hygiejne, større renlighed og mere bekvemmelighed. I 1920'erne skete det gerne gennem demonstrationer, reklamer, udlejning af apparater eller ligefrem ved at forære apparater gratis væk. Men også dengang blev eltariffer brugt til at påvirke forbruget. Således indførte selskaber en billigere tarif for husholdningsel for at øge salget af el til andet end strøm til belysning. I nogle tilfælde var husholdningstariffen dobbelt så høj som prisen for den tekniske strøm (Olesen & Thorndal, 2004, p. 21).

Der var imidlertid også eksempler på dynamiske tariffer. Et var at det nordsjællandske elselskab NESA solgte husholdningsel til en dagspris på 12 øre og en natpris på 7 øre pr. kWh, i øvrigt sammen med gratis apparater (Ibid., s. 18). Et andet var at husholdningsstrøm, som blev brugt om natten, fx til vandvarmere, kun kostede halvt så meget som den tekniske strøm (Ibid., s. 21). Et tredje eksempel er måske ikke direkte en dynamisk elpris, men under anden verdenskrig blev elektricitet rationeret før det skete for gas, hvilket blev et tilbageslag for udbredelsen af elektriske apparater i danske husstande med undtagelse af radioen.

Disse eksempler understreger at dynamiske priser, der fulgte naturlige rytmer i produktion (Decker, 2020), var normen indtil det blev muligt at imødekomme behov med gradvist stigende udvidelse af produktion og infrastruktur, hvilket kan føre til eskalerende behov for energi (Coutard & Shove, 2019).

I de personlige beretninger i bogen *Da danske hjem blev elektriske* (Olesen & Thorndal, 2004) fremgår det dog desværre ikke om husstande ændrede forbrug i forhold til dynamiske

⁹ Kilderne til kapitlet bygger på en ikke udtømmende gennemgang af artikler, foretaget gennem Infomedia i landsdækkende dagblade, regionale og lokale dagblade, magasiner og webkilder. Søgningen har været centreret omkring 'fleksibelt forbrug', 'timeafregning' og 'flexafregning' (eller lignende betegnelser).

priser. En forklaring kan dog være, at informanterne i bogen primært fortæller om forbrug efter anden verdenskrig. Til gengæld er der masser af eksempler på mere eller mindre kreative måder til at spare på strømmen.

Dynamiske eltariffer har altså været her længe. Vi kender det således også fra andre industrier såsom telekommunikation, hotelbranchen, og underholdningsbranchen. En grund til at priser der varierer med prisen for produktion (eller den service som bliver leveret) har været så længe om det skyldes måske elnettets historie, hvor det har været centralt at efterkomme behov i produktionen fremfor at behov skulle tilpasses produktion (Strengers, 2019).

1.6.2 Interessen for fleksibel afregning stiger

Allerede i 80'erne var der interesse for dynamiske elpriser. Således kunne de største elforbrugende kunder ved elskabet NESA købe billig strøm om natten, da de havde indført et såkaldt 'dobbelts tarifysystem' (Politiken, 1983). Selvom dette tiltag var tiltænkt større virksomheder, så stoppede interessen ikke her. Igen var det NESA, denne gang sammen med SEAS og Søren T. Lyngsø A/S, som i 1984 ville undersøge om det kunne føre til billigere strøm, hvis forbruget blev flyttet væk fra spidsbelastningsperioder. Projektet gik ud på at den almindelige elmåler skulle suppleres med en såkaldt 'tarifdatamat' eller 'elprismåler', som skulle kommunikere med et 'dataanlæg' hos elskabet således at kunden ville få information om den øjeblikkelige elpris. Formålet med projektet var at udjævne belastningen af elnettet og at spare udgifter til udvidelser af elproduktion (Ingeniøren, 1984).

Herfra springer vi til 00'erne, hvor det nu var eltransmissionsselskaberne Eltra og Elkraft System, som i 2005 fusionerede til Energinet.dk¹⁰, der igennem en rapport, der opfordrede til at udnytte prisvariationen på elmarkedet for at elsystem kunne komme til at fungere bedre i spidsbelastningsperioder (Ingeniøren, 2001a). Mikael Togeby (Elkraft System), som var hovedmand bag rapporten, påpegede hvordan mere fleksibelt forbrug kunne bidrage til at stabilisere markedspriserne, øge forsyningssikkerheden ved kapacitetsproblemer og reducere behovet for udvidelse af kraftvarmeværker (Ingeniøren, 2001b). Større fleksibilitet ville ifølge rapporten kunne spare et større kraftværk (500 megawatt) (Politiken, 2001). Det var dog stadig de største elforbrugende kunder, dvs. større virksomheder, der var i fokus (Ingeniøren, 2002). Det ændrer sig dog i 2004, hvor Elkraft System foretager et forsøg med op til to gange dagligt at slukke for elvarmepaneller, gulvvarme og varmtvandsbeholdere i kortere perioder (tre timer). Målet var mere "fleksibelt forbrug", som skulle bidrage til et "mere effektivt elsystem" (Ingeniøren, 2004). Det tydede endda på, at husstandene ikke var afvisende, således glædede 24 ud af 25 familier sig efter sigende over at spare penge og gavne miljøet (Politiken, 2004). Teknologierne var nu i højere grad i stand til udskyde start, og sammen med nye elmålere, der skulle kunne sende prissignaler til privatkunder, så blev det proklameret i Ingeniøren, at "Strøm på tilbud var lige om hjørnet", og muligheden for en mere retfærdig og korrekt elregning bliver ligeledes fremhævet (Ingeniøren, 2007). Der blev således efterspurgt et økonomisk incitament, der vil kunne få almindelige husstande til tidsforskyde "aftenkogespidsen" ved brug af timeprisen på Nordpool, fremfor at basere på prognoser (ibid.). Intelligente måler er nu på banen og Syd Energi er tidligt ude med at forsyne deres forbrugere, så deres kunders timepris indenfor et eller to år vil afspejle prisen for produktion. Det bliver imidlertid problematiseret at prisforskellen i løbet af dagen ikke er for lille (Ingeniøren, 2008). Det politiske niveau kommer også på banen. Således ønsker klima- og energiminister Connie Hedegaard "[...] at fremme udbredelse af fjernaflæste elmålere og et mere fleksibelt elforbrug" (Dansk Energi, 2009). Det er forøgelsen af vedvarende energi fra

¹⁰ <https://denstoredanske.lex.dk/ELKRAFT>

vindmøller, som svinger i løbet af dagen, som blandt andet skyldes opmærksomheden (Ingeniøren, 2009). I tillæg til den fluktuerende vindkraft, så er fremtidens forventede større elbehov til transport og opvarmning også på dagsordenen, da Skatteministeriet og Klima- og Energiministeriet i 2010 går i gang med at analysere mulighederne for "dynamiske tariffer og afgifter" (Dansk Energi, 2010). Kort efter melder første selskab, Syd Energi, at de er i mål med at installere intelligente, fjernaflæste elmålere til deres 245.000 kunder. De melder således ud at deres kunder fremover kun vil blive afregnet for præcis den mængde energi de bruger, samt at de vil slippe for acontobetaling (Dansk Energi, 2010a). Det lader imidlertid til at det stadig primært er intelligent elnet, som er i fokus, fremfor at satse på ændringer i adfærd (Dansk Energi, 2010b). Alligevel efterspørger Dansk Energi ideer til afprøvning af dynamiske eltariffer for at "fremme en fleksibel adfærd" (Dansk Energi, 2010c). Der er således også fokus på at "bevidste kunder flytter elforbrug" (Dansk Energi, 2012). Det viser et stort projekt kaldet eFlex. Konklusionen er at kunder "er villige til at udvise betydelig fleksibilitet", fx ved at der slukkes midlertidigt for deres varmepumpe (Dansk Energi, 2012a). Rapporten 'Smart Grid i Danmark 2.0' fra Energinet.dk og Dansk Energi fra 2012 sætter lys på 'smart grid', et intelligent elnet, hvor timeafregning af elforbrug står centralt (Dansk Energi, 2012b, se også Dansk Energi and Energinet.dk, 2012, 2010). I starten af 10'erne stiger salget af private solcelleanlæg (Anders Rhiger Hansen et al., 2018), og lige inden det store boom i 2012, så bliver udfordringerne for elnettet også bragt i spil. For flere decentrale energiproduktions-anlæg betyder, at strømmen går begge veje, og spændingskvaliteten i det lokale net bliver svær at holde (Dansk Energi, 2011).

Ved udgangen af 10'erne melder Dansk Energi (2019) at alle kunder i netselskaberne Cerius, Veksel og Ikast Elnet kan få "flexafregning", og at resten af selskaberne er i gang med det, som led i den grønne omstilling. Fremme ved i dag fylder dynamiske elpriser gradvist mere. Om stigningen i brugere af Elpris.dk¹¹ (Politiken, 2020) eller stigningen i skift af elselskaber (Dansk Energi, 2020a) fra 2018 til 2019 hænger sammen med en øget interesse i dynamiske elprisprodukter står hen i det uvisse. Men det tyder i hvert fald på, at der sker noget på elmarkedet lige nu, og at Dansk Energi i efteråret 2020 anmeldte Tarifmodel 3.0, som "fokuserer på øget tidsdifferentiering og kapacitetsbetaling" (Dansk Energi, 2020b), til Forsyningstilsynet peger på, at hvornår på dagen elforbrugende husstande forbruger el er helt central i udviklingen af elmarkedet lige nu. Formålet med den nye tarifmodel er således at "fremme et mere smidigt forbrug ved at belønne fleksibilitet" (Dansk Energi, 2020c) og at "opmuntre til en mere fleksibel adfærd" (Dansk Energi, 2020d). I starten af i år kunne Dansk Energi også meddele at udrulningen af smarte, fjernaflæste elmålere med få undtagelser var færdig (Dansk Energi, 2021).

Fremfor at opfatte dynamiske elpriser, der varierer i løbet af dagen, som noget nyt, bør vi måske se det som en tilbagevenden til et 'naturligt' forhold hvor elbehov i højere grad afspejler elproduktion (Coutard & Shove, 2019). I hvert fald er der eksempler på dynamiske elpriser tilbage til elektriciteten gjorde sit indtog i danske hjem. Efter årtier med fokus på at produktion imødekommer det øgede behov for el, så bliver fleksible, eller dynamiske, elpriser nævnt i 1980'erne. Det er imidlertid først i 00'erne, at fleksible elpriser bliver bragt på banen. Argumenterne med tilpasningen til den fluktuerende vindkraft, et mere retfærdigt betalingssystem, og strøm der går begge veje som følge af flere private solcelleanlæg, bliver gradvist introduceret. Ligeledes bliver 'smart net' (intelligent elnet) og 'smart meters' (intelligente elmålere) også gradvist en vigtig del af fortællingen om indtoget af dynamiske elpriser i Dan-

¹¹ Elpris.dk har til formål at overskueliggøre forskelle mellem elprisprodukter (elpris.dk).

mark. Dynamiske elpriser kan defineres på flere måder, men der er ingen tvivl om at udviklingen peger i retning af øget fokus på dynamiske elprisprodukter, hvor særligt de seneste år viser en markant udvikling.

DEL 2: ELNET OG ELHANDELSSESKAB- ERNES ROLLE I UDBREDELSEN AF DYNAMISKE ELPRISER

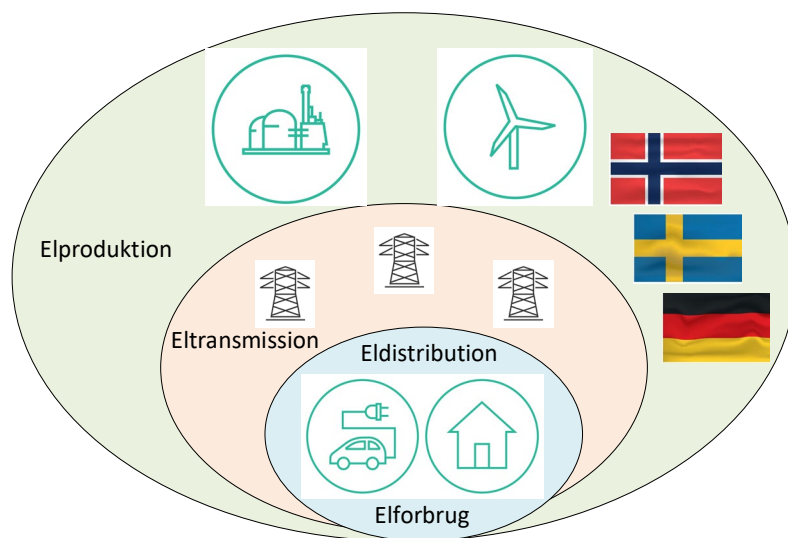
2 DEL 2: ELNET OG ELHANDELSSESKABERNES ROLLE I UDBREDELSEN AF DYNAMISKE ELPRISER

Dette afsnit retter blikket mod det danske elmarked. Denne rapports mål er, at henvende sig både til teknisk-interessererede med interesse for det *samfundsvidenskabelige blik* på dynamiske elpriser og fleksibelt elforbrug (omdrejningspunktet for del 1), men også til samfundsinteressererede med interesse for de *tekniske aspekter* af den grønne omstilling af elsystemet. Derfor starter denne del med en kort introduktion til det danske elsystem og elmarked.

2.1 Et hurtigt indblik i det danske elsystem og elmarked

Kort skitseret består det danske elsystem af tre dele, som illustreret ved figur 3:

1. En **produktionsdel** som består af en række store centrale elværker, havmølleparke og forbindelser til nabolande.
2. Et **transmissionsnet** hvis funktion er at transportere elektricitet sikkert, effektivt og stabilt fra produktion til distributionsnettet og rundt i elsystemet.
3. Et **distributionsnet** som leder elektricitet fra transmissionsnettet ud til forbrugernes stikkontakter.



FIGUR 3. Tegning af det danske el-system (billeder fra Colourbox.com, redigering i Microsoft Visio)¹².

Systemet med de tre dele (produktion, transmission og distribution) afspejler sig også i kundernes regning. Selvom elkunder fra 2016 kun har modtaget én regning (Kitzing et al.,

¹² Inspireret af <https://www.experimentarium.dk/klima/elsystemet-i-danmark/>

2016), så er denne inddelt i betaling for el, transport, skatter og andre omkostninger, og i denne del af rapporten er fokus på betaling for henholdsvis el og transport af el. Hvor elhandelsmarkedet har været fuldt ud liberaliseret siden 2003, så har netselskaberne monopol i deres specifikke geografiske område (Kitzing et al., 2016). Derudover fylder moms og afgifter meget i Danmark, som historisk har været langt over gennemsnit i Europa (Kitzing et al., 2016).

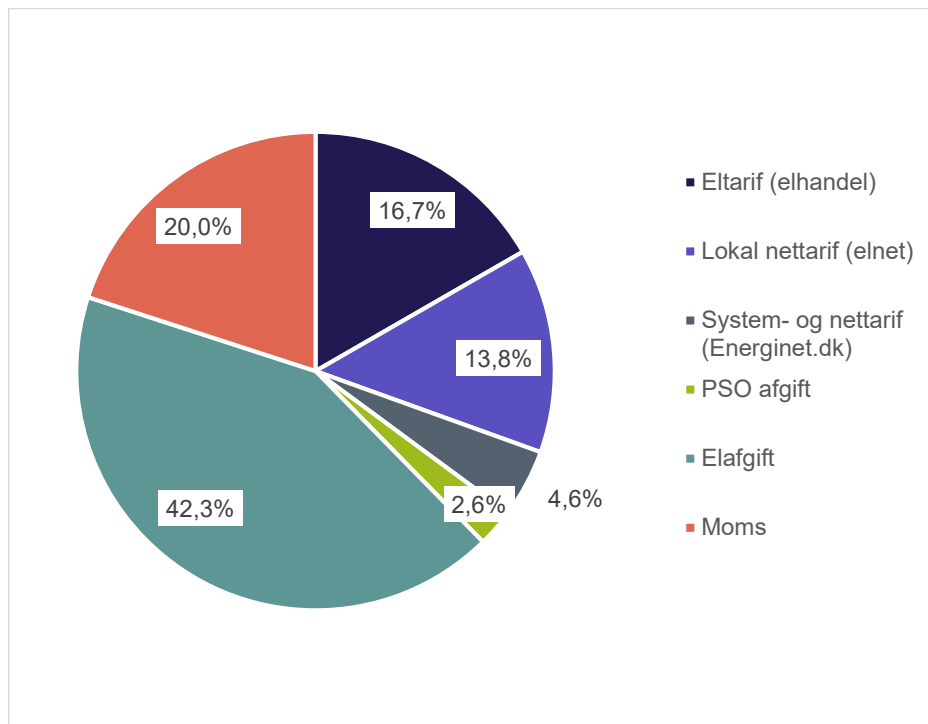
Transmission af elektricitet varetages af såkaldte *transmission system operator* (TSO), og i Danmark er det Energinet.dk der ejer og driver det danske eltransmissionsnet¹³, mens distributionen varetages af såkaldte *distribution system operator* (DSO), som udgøres af de danske elnetselskaber. Således er behovet fra energi fleksibilitet netselskaberne at reducere eller udskyde investeringer i distributionsnettene, samt at undgå flaskehalse, mens det for Energinet.dk er at sikre balance i hele elsystemet (Dansk Energi & Energinet.dk, 2012). Til sidst er det elhandelsselskaberne, som står for at sælge el til danske husstande. Som metafor kan man sige, at Energinet står for at drive motorvejene (de store forbindelser), elnetselskaberne står for landevejene og sidevejene ind til husstanden (de mindre forbindelser), mens elhandlerne står for kunderelationen, herunder salg af el (produkter og services), og for den samlede afregning.

Afhængig af geografisk placering så vil tariffene for transport være flade eller variable i form af timeafregning (Møller Andersen et al., 2006). Man er altså ikke i stand til at vælge et netselskab selv. Det er derimod muligt at vælge hvilket elhandelsselskab, der skal levere el til husstanden, og denne betegnes også ofte som den kommercielle del. Figur 4 viser opdeling af elpriser på delelementer. Det er således værd at bemærke, at det ud fra denne fremstilling kun er muligt at gøre 'eltarif' (16,7 %, ca. en sjettedel) og 'lokal nettarif' (13,8 %, ca. en syvendedel) dynamiske under de nuværende markedsforhold, altså samlet set 30,5 %, dvs. lige under en tredjedel af elregningen.

Der er imidlertid tilfælde med refusion af elafgiften. Pr. 1. januar 2021 blev elvarmeafgiften således reduceret fra ca. 21 til 0,8 øre/kWh ved årlige forbrug der overstiger 4.000 kWh i huse opvarmet med elektricitet¹⁴. Derudover er det også muligt for virksomheder at få refusion for lagring af energi i elbiler (Bekendtgørelse Af Lov Om Afgift Af Elektricitet, 2020). Det gælder således også for virksomheder placeret i huse med beboelse. I disse to tilfælde vil den dynamiske andel af elregningen stige betragteligt til over halvdelen af elregningen. Der har endvidere været fremsat forslag om gøre afgifter til staten dynamiske (Katz, 2014; Katz et al., 2018), hvilket i hvert fald vil kunne øge gevinsten ved at tilpasse timingen af elforbrug til dynamiske priser (dvs. variation i energiproduktion).

¹³ <https://energinet.dk/EI>

¹⁴ <https://www.skm.dk/skattetal/satser/satser-og-beloebsgraenser-i-lovgivningen/elafgiftsloven/>



FIGUR 4. Andele angiver et gennemsnit af månedlige priser for år 2020 og gennemsnit for Øst- og Vestdanmark. Tal er baseret på opgørelse af Forsyningstilsynet¹⁵, som er beregnet ud fra information fra Elpris.dk og Energinets DataHub for en standard forbruger med et årligt forbrug på 4.000 kWh¹⁶.

Andelen af vindkraft i elforsyning var i 2019 på 46,8 % (Energistyrelsen, 2020b), og vindkraft forventes at blive udbygget væsentligt i fremtiden (Energistyrelsen, 2020a). Det danske elsystem er derfor karakteriseret ved en høj andel af energi produceret af vindkraft, og dermed af en høj grad af fluktuationer i produktionen (Katz, 2014).

Andersen mfl. (2013, 2017) viser aggregerede figurer for timebaseret elektricitets forbrug for henholdsvis 2010 og 2012. Undersøgelsen er baseret på elmålerdata for cirka 4.500 kunder fra fem kategorier (husstande, landbrug, industri, private erhverv og offentlig administration). Figurene for husstande indikerer gennemsnitlige spidsbelastning om morgenen mellem 8 og 10 og igen om aftenen mellem 18 og 20. Et nyere studie baseret på data fra 2017 på mere repræsentativt udtræk af 15.433 husstande bruger klyngeanalyse til at segmentere husstande i forhold til deres timebaserede elforbrugsmønstre (Trotta, 2020). Studiet indikerer fire grupper, som er karakteriseret af forskellige forbrugsmønstre i forhold til både timing og størrelsen af forbruget. Gennemsnitligt finder studiet en morgen spidsbelastning mellem 7 og 9 og en aften spidsbelastning mellem 16 og 18. Fælles for studierne af Trotta og Andersen mfl. er at elforbrugsmønstrene varierer på tværs af årstiderne, samt mellem hverdag og weekend.

¹⁵ <https://forsyningstilsynet.dk/tal-fakta/priser/elpriser>

¹⁶ <https://forsyningstilsynet.dk/media/8580/elprisstatistik-4-kvartal-2020-endelig.pdf>

Hvor forsyningssektoren historisk har fungeret på stort set samme måde, så vil fremtiden byde på større krav om dynamik og forandring, som følge af den grønne omstilling (Forsyningstilsynet, 2020). Det gælder ikke mindst de danske elnetselskaber og elhandelsselskaber, som denne del vil fokusere på.

2.2 Elnetselskaberne: Nødvendigheden af et 'fleksibelt' elnet og indsatsen for at sikre det

Elnetselskaberne har spillet en central rolle i indtoget af dynamiske elpriser i Danmark. Fordi de står for distributionen af el, så mærker de som de første konsekvenserne af omstillingen til vedvarende energikilder af det danske energisystem. Hos elnetselskaberne er hovedfokus på hvordan dynamiske priser kan hjælpe til at balancere hele energisystemet bedre. Energifleksibilitet er således både noget der ses som materialiseret i energisystemet, fx hvor meget fleksibilitet er der brug for, samt kommercialiseret, altså udformet i prisprodukter til deres kunder.

2.2.1 Vigtigheden af energifleksibilitet i elsystemet

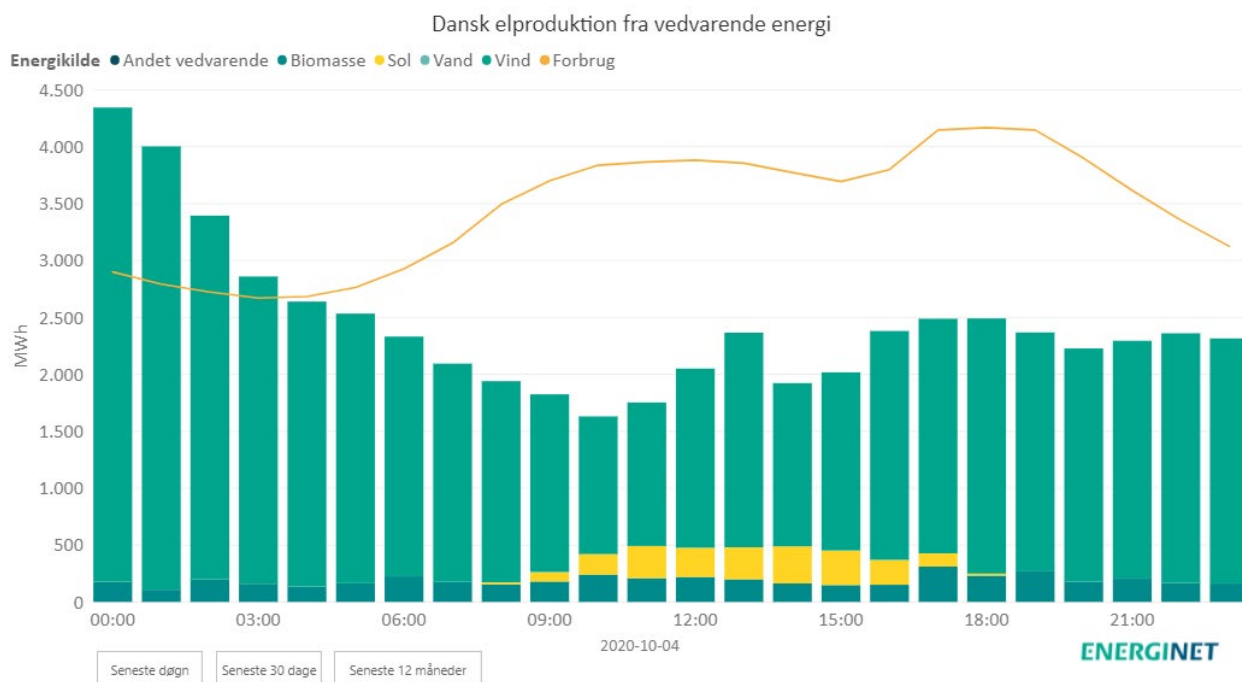
De danske netselskabers fokus på fleksibilitet i elsystemet skyldes primært tre udviklinger: 1) forøgelse af andelen af vindkraft til elproduktion, 2) forøget behov for el som følge af elektrificering, 3) og flere decentrale elproduktionsenheder, der gør, at elnettet skal håndtere strøm i begge retninger. Såfremt det ikke lykkedes i tilstrækkelig grad, så kan risikoen på den ene side være, at husstande og virksomheder vil opleve nedbrud, eller at der ikke er strøm nok, eller at der bliver overinvesteret i elnettet, hvor pengene kunne have været brugt bedre (De Frie Energiselskaber & Kile Kommunikation, 2020).

Alle tre udviklinger er led i en historisk omstilling af elnettet, som skal sikre et mere bæredygtig system i fremtiden.

Når vinden (ikke) blæser

Historisk har elproduktionen bestået af en række store centrale kraftvarmeværker. De er typisk blevet placeret i nærheden af større byområder for at kunne udnytte muligheden af at kombinere med fjernvarme. Derfor var produktionen af el også tættere på forbruget, så behovet for transport af energi mellem regioner blev begrænset. Ambitionen om en overgang til vedvarende energikilder har betydet at kraftvarmeværkerne nu omstilling til at udnytte blandt andet biomasse og solvarme. Det betyder også, at el og varme ikke i samme grad produceres sammen, da el i stigende grad produceres af vindmøller og solcelleanlæg. Særligt vindproduktion producerer en voksende del af den danske elproduktion. Det har den konsekvens at der ofte kan opstå ubalance mellem produktion af el og behovet for energi, når der er perioder med meget vind eller perioder uden vind. Det er derfor nødvendigt at balancere elsystemet med anden produktion eller gennem import fra udlandet.

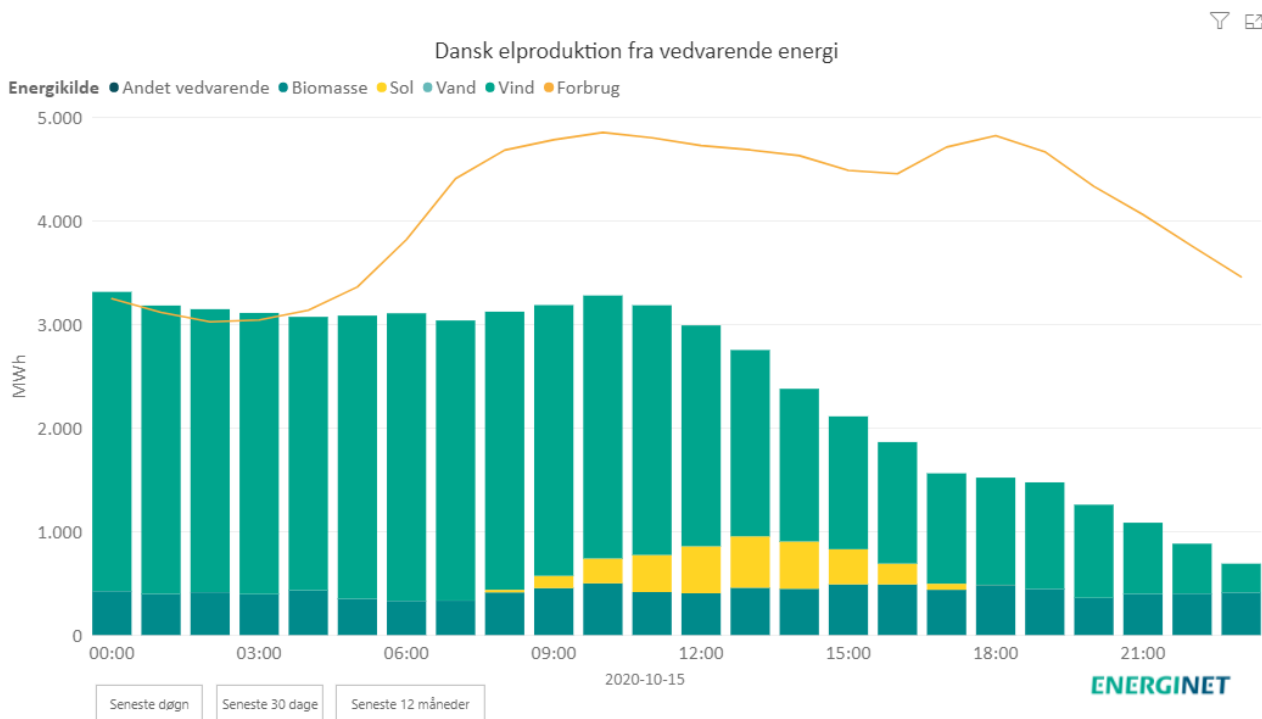
Det kræver altså styring af produktionen, så den hele tiden afspejler behovet for el. Figur 15 viser denne ubalance med en graf over elforbrug og forskellige former for elproduktion på en søndag. Det kan ses, at der er overproduktion søndag nat, som ville kunne bruges senere på dagen, hvor forbruget er højere end produktionen.



FIGUR 5. Ubalancen mellem forbrug og produktion på en søndag¹⁷. Kilde: Energinet.dk.

Figur 6 illustrerer hvordan en typisk efterårsdag ser ud i VE-produktion og forbrug. Om natten er der nogenlunde balance imellem produktion og forbrug. Mens det ses, at når industrien starter op og Danmark står op ved 6-tiden om morgenen, stiger forbruget, mens produktionen ikke kan følge med. Industriens forbrug er en belastning frem til ved 15-16 tiden, hvor forbruget falder en anelse for så igen at stige mellem kl 17-20, den såkaldte kogespids, hvor der laves aftensmad, hvorefter forbruget falder. Stigningen efter arbejdstids ophør er især en udfordring, hvis el-biler og varmepumper netop er i drift/lades i denne periode – det nye forbrug. Derfor har flere net-selskaber lavet en tarifiering, således strøm er dyr i perioden fra kl. 17-20 og forholdsvis billigere i nattetimerne, hvor der er masse af kapacitet i el-nettene. Øvelsen er at få udnyttet el-nettene optimalt ved elektrificeringen og dermed sikre en smart tilgang til driften og kommende anlægsinvesteringer.

¹⁷ <https://energinet.dk/Gron-omstilling/Noegletal-om-den-gronne-omstilling#vedvarende>



FIGUR 6. Elforbrug og produktion på en efterårsdag. Kilde: Energinet.dk.

Figur 5 og figur 6 illustrerer nødvendigheden af enten at øge fleksibilitet, eller rettere styre efterspørgsel, på forbrugssiden eller forbedre lagring af elektricitet i elsystemet. Der findes på nuværende tidspunkt ikke en omkostningseffektiv måde at lagre tilstrækkelige mængder el, selvom der forskes meget i det, fx projektet Power2Met. Derfor kan forbrugerfleksibilitet få en afgørende rolle i sammensætningen af fremtidens elsystem.

Når elektrificeringen slår igennem

En anden afgørende udvikling for elproduktionen er at elektrificering af blandt andet inden for transportsektoren og af opvarmning forventes at forøge behovet for el markant. Det forventes således at behovet for el i Danmark vil stige med 85 % frem mod 2040, som følge af elektrificeringen¹⁸.

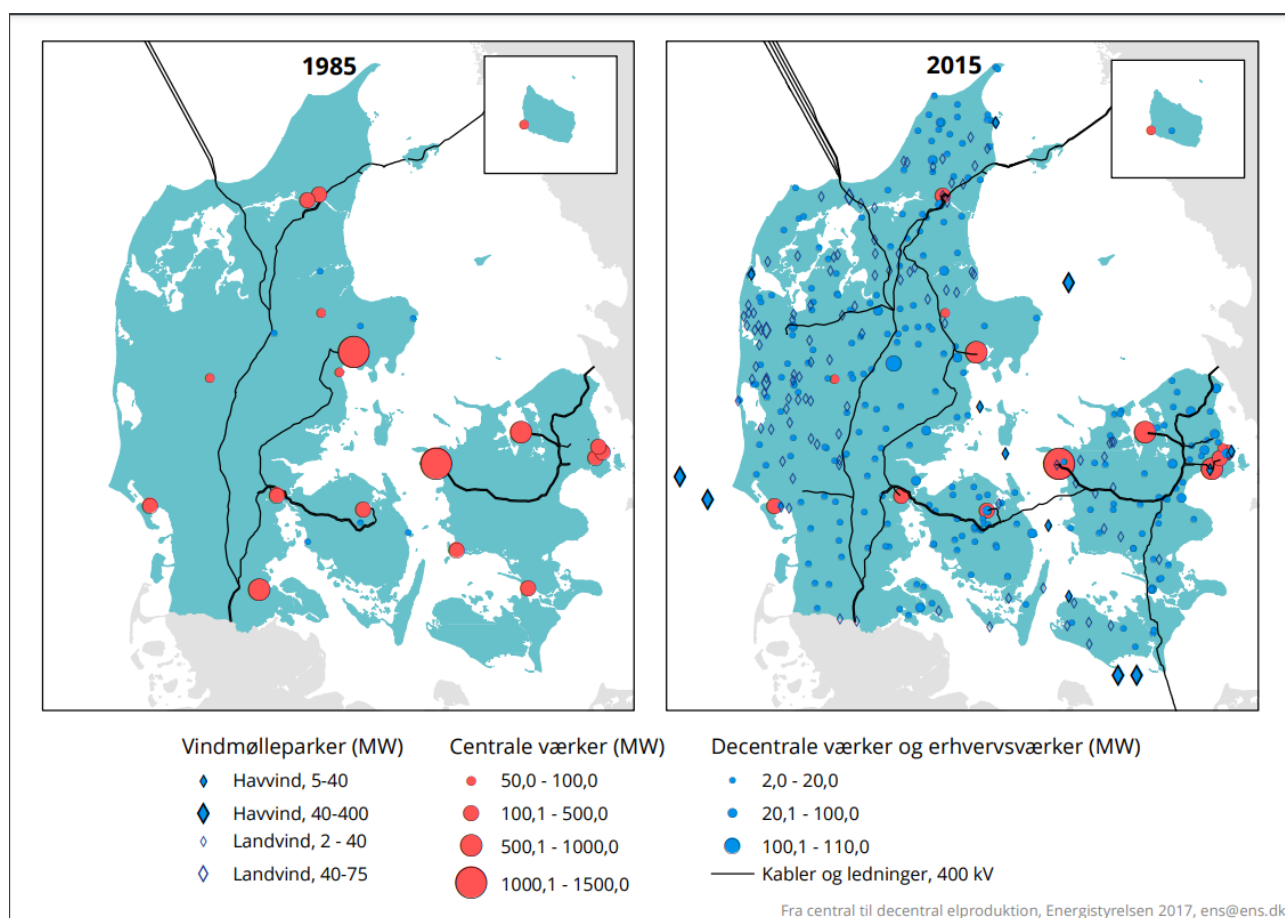
Netselskaberne arbejder på at sikre, at el-kablerne er klar til den øgede belastning, så risikoen for nedbrud fortsat vil være lav og forsyningssikkerheden fortsat vil være høj. Fra elnet-selskabernes perspektiv er det nødvendigt med meget langsigtede perspektiver. De er ikke i stand til at forstærke elnettet fra et år til det næste, i stedet skal infrastrukturen være foran behovet fra elkunderne. Derudover prioriterer elnetselskaberne, at det skal ske uden at en unødigt høj regning ender hos forbrugerne, og at det ikke forsinkes en grøn omstilling (Dansk Energi, 2019). Det skal dog heller ikke unødigt belaste samfundsøkonomien. En rapport udarbejdet af EA Energianalyse peger på, at en direkte elektrificering, hvor elkøretøjer og varmepumper forøger behovet for el, er markant bedre samfundsøkonomisk end indirekte elektrificering, hvor elektrificering sker gennem elektrolyse og Power2X (EA Energianalyse, 2020). Begge bliver dog vurderet til at være nødvendige for at nå de politiske klimamål. Det understreger dog behovet for at anvende VE-produktionen "rigtigt".

¹⁸ Energistyrelsen (2019). Analyseforudsætninger til Energinet.dk.

Når strømmen går begge veje

Det danske elsystem har historisk været dimensioneret til at gå en vej; central elproduktionsenheder forsyner forbrugere i lokalområder med el. Men senere års udvikling har gjort denne opgave mere kompleks og øget kravene til at fordele og regulere effekten i elsystemet. For det første på grund af udbygning af vindkraft, kraftvarmeproduktion, og for det andet på grund af øget udveksling mellem lokalområderne, fx som følge af flere små solcelleanlæg. Den historiske dimensionering af nettene med centrale produktionssteder er således udfordret af, at der nu og i fremtiden forventes langt mere decentral produktion ude på radia-lerne hos forbrugerne. Det betyder, at flowet af strøm også løber den modsatte vej. Dette skaber ubalancer imellem produktion og forbrug lokalt, og dermed igen øget behov for fleksi-bilitet på forbrugsdelen.

Ovenfor har udviklingen fra central til decentral elproduktion øget kompleksiteten. Figur 7 viser tydeligt hvordan den danske el-infrastruktur har ændret markant på en 30 årige periode fra 1985 til 2015.



FIGUR 7. Billede fra Energistyrelsen (https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Statistik/foer_etter.pdf)

2.2.2 Elnetselskabernes indsats for at skabe større energifleksibilitet

Elnetselskaberne har gennem de seneste år anvendt forskellige tiltag for at imødekomme behovet for fleksibilitet på en omkostningseffektiv måde. I dette afsnit har vi fokuseret på fire af disse.

Vedligeholdelse, modernisering og udvidelse af det eksisterende elnet

Det første tiltag er det traditionelle redskab i værktøjskassen, som handler om at udvide og vedligeholde elnettet på en måde, så det er rustet til fremtidens elbehov. Det kan være at lægge flere og større kabler i jorden, at opstille flere transformerstationer, og at sikre adgang til tilstrækkelig produktionskapacitet (Dansk Energi & Energinet.dk, 2010, 2012). Hvor nye prisstrukturer forholdsvis let kan implementeres, så er det en anden sag med udvidelse og vedligeholdelse af infrastruktur. Kapacitetsudvidelse medfører omfattende planlægning og faste omkostninger, som ikke står til at ændre let. Der er imidlertid også kommet nye redskaber i værktøjskassen. Et nyere redskab er *asset management*. El-net-selskaberne er i høj grad i gang med, at indføre *asset management* (se fx Cerius¹⁹), som et vigtigt redskab for at sikre en prioriteret indsats i forhold til at få anlæg til at yde, som ønsket. Grundkernen i *asset management* er en kortlægning af alle tekniske komponenter og anlægsdele i nettet, således vedligehold og udskiftning kan optimeres og risiko for utilsigtede nedbrud kan minimeres. Risikoledelsen skaber således et systematisk og dokumenteret beslutningsgrundlag og *asset management* sikrer, at de valg der træffes, understøtter en optimal udstyrsudnyttelse. Ved at have det fulde overblik over alle anlægs komponenter optimeres omkostningerne også ved udbygning af el-nettene.

Demonstrations- og udviklingsprojekter

Der har i en årrække været en del forskellige støtteordninger, som har været udbudt af bl.a. Dansk Energi, Energinet.dk og Klima, Energi og Forsyningsministeriet, samt også fx EU's Horizon 2020-programmet. Støtteordningerne har haft forskelligt fokus, som fx Energieffektivitet, VE og smart grid, senest også lagringsteknologier og Power2X. Netselskaberne har i stort omfang deltaget i disse projekter, hvor de har stillet deres el-net og kompetencer til rådighed, således det har været muligt at demonstrere og udvikle forskellige løsninger til fremtidens udfordringer. Et godt eksempel på dette er projektet Energylab Nordhavn, hvor Radius Elnet har ageret partner (<http://www.energylabnordhavn.com/index.html>).

Automatisering og 'smart grid' løsninger

I takt med at digitaliseringen tager fart i andre brancher, gør den det også i el-forsyningen. Det gælder ikke mindst 'smart grid' løsninger eller anden form for digitalisering, automatisering og 'deltagelse' fra forbrugssiden (Monitor Deloitte & Eurelectric, 2020), der har til formål at skabe et dynamisk samspil mellem elsystem og forbrugere gennem måling, styring og automatik i elnettet og hos forbrugerne (Dansk Energi & Energinet.dk, 2010).

SCADA-systemer kan understøtte denne digitalisering og styring af elbehov (Nordic Council of Ministers, 2017). SCADA-centre²⁰ er kontrolcentre for hele el-nettet, som har til formål at sikre overblik over forbrug og produktion i realtid. Store transformerstationer er i dag koblet på internettet og kan således fjernstyres i realtid fra SCADA centrene, dette er således med til at sikre en optimal drift af el-nettene. Tekniske komponenter går også fra manuel styring til automatiske styringer, således at der ikke skal sendes en tekniker ud, hver gang der skal ændres. Det er også i SCADA-centrene at omkoblinger af el-nettene sker, således produktion og forbrug optimeres mest muligt i det lokale net. Via SCADA-centrene kan overforbrug i et området nemt og elegant dirigeres til at andet område med stort forbrug, således det fx kan undgås at neddrole eller helt slukke for lokal produktion.

¹⁹ <https://cerius.dk/om-cerius/asset-management/>

²⁰ SCADA: Supervisory control and data acquisition. Systemet omfatter overvågningskontrol og dataindsamling i en kontrolsystemarkitektur, der omfatter computere, netværkskommunikation og grafiske brugergrænseflader til styring af procesovervågning på højt niveau.

Tidsdifferentierede net-tariffer

Netselskaberne er senest begyndt at introducere tidsdifferentierede tariffer, hvor prisen pr. kWh varierer henover døgnet. Dette pt. med fokus på at udjævne forbruget henover 'kogespidsen' fra kl. 17-20, da det er den periode på dagen, hvor el-nettet har de største udfordringer og mindst ledig kapacitet til rådighed (selvom Trotta, 2020, finder en lidt tidligere spidsbelastning for husstande). Tarifferne er en incitaments tarif, hvor prisen er høj netop i 'kogespidsen', hvor man ikke ønsker en belastningsstigning og lavere om natten, hvor der er masse af ledig kapacitet.

Tidsdifferentieret tarif er indtil videre indført af netselskaberne konstant, N1, Cerius og Radius.

Dermed var op mod 80 % af danske husstande tidsdifferentierede tariffer allerede fra april 2020 (De Frie Energiselskaber & Kile Kommunikation, 2020), men forventningen er, at flere selskaber vil indføre sådanne tariffer i nærmeste fremtid, fx indfører Hammel Elforsyning Net A/S tidsdifferentierede tariffer fra 1. april 2021²¹. Det drejer sig udelukkende om dyrere tariffer mellem 17 og 20 i vinterhalvåret fra oktober til marts. Tabel 1 viser en oversigt over tidsdifferentierede tariffer, som de så ud i februar 2021. De syv netselskaber benytter sig af ToU tariffer, eller nærmere bestemt såkaldte super peak ToU tariffer, fordi perioden er relativt kort (se afsnit 1.2). I promoveringen af produkterne bliver betegnelserne 'timetariffer' eller 'tidsdifferentierede tariffer' benyttet (se eksempelvis N1²²).

TABEL 1. Oversigt over tidsdifferentierede tariffer blandt danske elnetselskaber. Alle priser er incl. moms.

	I vinterperioden fra oktober til marts			
C-kunder (private kunder)	Lavlast kl. 20-17 (Øre/kWh)	Spidslast kl. 17-20 (Øre/kWh)	Forskel (Øre/kWh)	Ratio ²³
Radius ²⁴	23,63	63,07	39,44	2,7
Cerius ²⁵	15,41	47,57	32,16	3,1
Konstant ²⁶	16,33	46,40	30,07	2,8
N1 (tidl. Evonet) ²⁷	17,17	54,48	37,31	3,2
N1 Randers ²⁰	14,65	37,74	23,09	2,6
N1 Hillerød ²⁰	7,87	29,64	21,77	3,8
TREFOR ²⁸	7,76	37,85	30,09	4,9

Der kan altså spares mellem 20 og 40 øre pr. kWh, hvis elkunden flytter fra spidslast til lavlast, som er nogle relativt store forskelle. En Epinion-undersøgelse, foretaget på vegne af De Frie Energiselskaber, viser, at hele 88 % ikke har flyttet forbruget for at få billigere strøm, til trods for at flertallet (67 %) er klar over, at strømmen i vinterhalvåret er dyrere i kogespidsen (De Frie Energiselskaber & Kile Kommunikation, 2020). Lige nu får forbrugerne således

²¹ <https://hammelelforsyning.dk/hl/informationer/priser/privat.aspx>, set den 27. februar 2021.

²² <https://n1.dk/priser-og-vilkaar/timetariffer>, set den 28. februar 2021.

²³ Kendt som *peak to off-peak price ratio*.

²⁴ <https://radiuselnet.dk/elkunder/priser-og-vilkaar/tariffer-og-netabonnement/>, set den 28. februar 2021.

²⁵ <https://cerius.dk/priser-og-tariffer/tariffer-og-abonnementer/gruppe-c/>, set den 28. februar 2021.

²⁶ <https://konstant.dk/net/priser-og-vilkaar/nettariffer-og-abonnementer/>, set den 28. februar 2021.

²⁷ <https://n1.dk/priser-og-vilkaar>, set den 28. februar 2021.

²⁸ <https://trefor.dk/elnet/priser>, set den 28. februar 2021.

blot en højere regning, som måske øger indtjeningen i netselskabet, men som ikke bidrager til en mere hensigtsmæssig energiplanlægning eller til en grøn omstilling af elforbruget.

2.2.3 Elnetselskabernes rolle fremadrettet

El-netselskabernes opgave, eller hele el-forsyningssektorens opgave, er at sikre stabil elforsyning til de danske husstande. Ved elforsynings sikkerheden forstås sandsynligheden for, at der er el til rådighed for forbrugerne, når den efterspørges. I Danmark har elforbrugere strøm i kontakten ca. 99,99 procent af tiden. Det svarer til, at en gennemsnitlig forbruger ikke har el i omkring 20 minutter om året set over en længere årrække²⁹. Men særligt tre udviklinger har kompliceret denne opgave. For det første medfører en bæredygtig omstilling af energiproduktionen med meget mere vind- og solenergi at elnettet skal balancere fluktuerende elproduktion med behovet for el. Dernæst udfordrer en øget elektrificering af blandt andet transport og opvarmning, også med grundlag i en bæredygtig omstilling, at fremtidens behov for el vil belaste energinet markedet markant mere end i dag. Til sidst betyder flere decentrale mindre elproduktionsenheder, fx solcelleanlæg, at elnettet i højere grad skal håndtere et flow af el der går begge veje. Målet er således at sikre at el-infrastrukturen bliver løftet ind i den nye elektriske tidsalder, således at det understøtter udviklingen af samfundet til gavn for kommende generationer. Da el-sektoren samtidig er underlagt stramme restriktioner, skal det ske på en økonomisk forsvarlig måde.

For at imødekomme de nye vilkår, så har netselskaberne foreløbigt satset på løsninger som deltagelse i demonstrations- og udviklingsprojekter, asset management og automatiseret udstyr. Men dynamiske elpriser, som er i fokus i denne rapport, bliver også gradvist mere udbredt i form af tidsdifferentierede net-tariffer. Igennem disse initiativer berører netselskaberne faktisk energi fleksibilitet fra tre af de perspektiver, som blev præsenteret i indledningen; kommercialiseret igennem indførelsen af tidsdifferentierede tariffer, materialiseret gennem asset management, og indlejret i form af projekter med formål at udvikle teknologier og automatisering.

Fremtiden for netselskaberne kræver innovative og fleksible løsninger, så elproduktion, elforbrug og eldistribution hele tiden er agilt og tilpasser sig behovene efter tid og geografi. Netselskaberne leder efter de økonomisk optimale løsninger for det koster dyrt at forstærke el-nettet.

2.3 Elhandelsselskaberne: Markedsføring af dynamiske elprisprodukter til privatkunder

Elhandelsselskabernes kerneopgave er at levere elektricitet til danske slutkunder. Hvor en slutkunde kan kun skifte netselskab, hvis det sker i forbindelse med flytning til et andet netområde, så har det siden elmarkedets liberalisering i 2003 været muligt for husholdningskunder selv at vælge elhandelsselskab. Skal et elhandelsselskab fastholde sine kunder og/eller tiltrække nye, er det således vigtigt at imødekomme tidens efterspørgsel efter elprodukter og anno 2021 er dynamiske elprisprodukter et varmt emne.

²⁹ <https://kefm.dk/energi-og-raastoffer/forsyningssikkerhed>

2.3.1 Dynamiske elprisprodukter på markedet

Elhandelsselskaberne afventede imidlertid netselskaberne før de introducerede dynamiske elprisprodukter. Før intelligente, fjernaflæste målere var blevet udrullet og flexafregning var indført bredt i Danmark, så havde elhandelsselskaberne ikke mulighed for at matche kundernes energiforbrug på timebasis til timemæssige variationer i engrospriserne. I stedet betalte kunder med et variabelt elprisprodukt en profileret pris. Det kunne for eksempel være Nord Pool Spot 'day-ahead' indeks, som består af timevarierende priser beregnet ud fra udbud-efterspørgsel balancen per time. Men fordi elhandelsselskaberne ikke havde mulighed for afmåle timebaseret elforbrug fra kunderne, så ville de i stedet typisk betale et månedligt gennemsnit af 'day-ahead' priserne med et tilføjet profiltillæg. Dette tillæg blev typisk beregnet ud fra forbrugsprofilen for en gennemsnitlig kunde i et givet netområde, hvilket fjernede det økonomiske incitament for at flytte elforbrug uden for de dyre spidsbelastningstimer.

Fra starten af januar 2021 er udrulningen af fjernaflæste elmålere til danske husstande med få undtagelser færdig (Dansk Energi, 2021). Dermed er det muligt for netselskaberne (igennem DataHub'en) at fjernaflæse timebaseret elforbrug, hvilket betød, at flexafregning nu faktisk kunne bruges til at afregne kunden på timebasis.

Indtil da var timevarierende elprisprodukter begrænset til få elprodukter, hvor enkelte endda krævede et 'kamera' af en art til at aflæse og gemme timebaseret forbrugsdata, hvilket altså fra i år blev muligt for alle kunder.

Med de tekniske barrierer af vejen, så kunne elhandelsselskaberne tilføje dynamiske elprisprodukter til deres produktportefølje. Men som tabel 2, baseret på vores gennemgang af elprisprodukter på Elpris.dk før februar 2021, viser, så var det kun 11 ud af 163 forskellige elprisprodukter, som reelt var baseret på timevarierende engrospriser. Det svarer til knap 7 %. Disse kan imidlertid være svære at identificere for slutkunden på grund af primært to problematikker; 1) elprodukternes navne og (manglende) beskrivelser, men også 2) Elpris.dk's funktionalitet og definitioner af typer af elprodukter.

TABEL 2. Oversigt over forskellige elhandelsselskabers betegnelser til dynamiske elprodukter. Information fra Elpris.dk fra februar 2021.



Leverandør	Produktnavn
Østkraft Forsyning A/S	FLEX VEST
Strømlinet	Spot
Norlys Energi A/S	FlexEI
Strømlinet	KlimaEI
Barry	App'en til din strøm. Strøm til indkøbspris. Du er i kontrol.
Nef Strøm A/S	nef Spot
Norlys Energi A/S	VariabelEI
SEF Energi A/S	DyrenesEnergi
SEF Energi A/S	SupportEnergi - EI Vindstrøm
SEF Energi A/S	SupportEnergi – EI
SEAS-NVE Energi A/S	Variabel pris

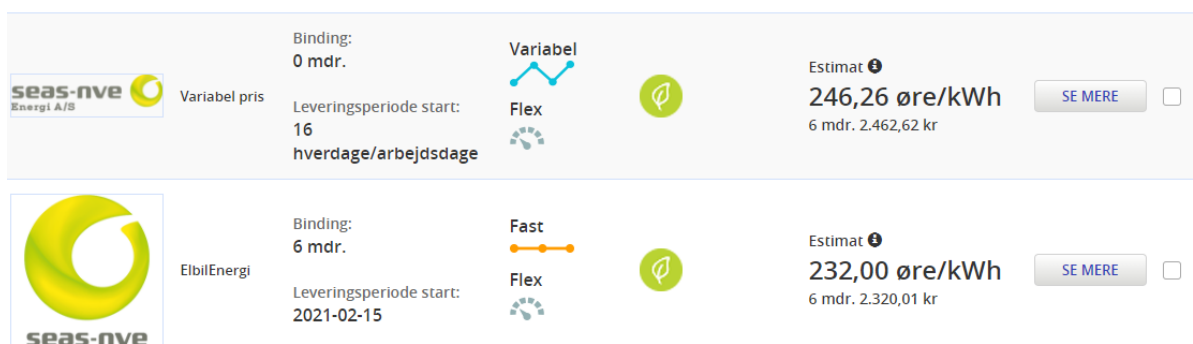
I forhold til elhandelsselskabernes produktnavne, så er der en række produkter på markedet, som antyder, at elproduktet indeholder dynamiske priser. For eksempel ved at bruge ord som 'flex', 'variabel' og 'spot'. Selvom vi i denne rapport bruger betegnelsen dynamisk elpris, som i Elforsyningsloven (Lov Om Ændring Af Lov Om Elforsyning, 2020), så bruger ingen af produkterne noget, der ligner den betegnelse. De fleste fokuserer på 'flex', som en

forkortelse for fleksibel, med henvisning til at udnytte "[...] *fleksibiliteten i elmarkedet* [...]", som Norlys skriver³⁰.

Det er vanskeligt at markedsføre 24 timepriser. Derfor vises sidste måneds gennemsnitspris, hvilket bliver oplyst til kunden, fx i Norlys' og SEAS-NVEs elprodukter i Tabel 2. Selvom det trods alt er mere dynamisk end 'fastprisprodukter', som ofte kan have elpriser låst fast i op til tre år, så kan uklarheden medføre en forvirring hos kunden.

Modsat kan kreative produktnavne indeholde dynamiske elpriser, selvom de ikke giver nogen indikation af det i produktnavnet. Det gælder for eksempel SEAS-NVE's produkt 'ElbilEnergi', som indeholder to prisperioder, én fra 6 til 22 og én fra 22 til 6, hvilket betyder, at det er et Time-of-Use elprodukt, selvom produktnavnet blot refererer til at have en elbil.

I forhold til Elpris.dk, så opstår der et problem i at ved at krydse boksen 'Flexafregning' af på Elpris.dk, så får man ikke en liste over elprodukter, som indeholder dynamiske elpriser. I stedet vil det give en liste af elprodukter, som elhandelsselskaberne, forud for registrering, anser som tilgængelige for kunder med fleksibel afregning, dvs. med fjernaflæste, timebase-rede målere. Figur 8 viser et eksempel på et screenshot fra Elpris.dk, hvor det lille symbol  markerer hvorvidt der er tale om et fleksibelt elprodukt. Derudover er der mulighed for at vælge afmærkning af produkter, der markedsføres som klimavenlige, ved symbolet  ³¹.



FIGUR 8. Udklip fra Elpris.dk baseret på N1, parcelhus under 130 kvm, uden elvarme, Silkeborg.

Det er imidlertid formentlig ikke en bevist uklarhed fra hverken Elpris.dk eller elhandelsselskabernes side. Det er nok snarere et resultat af markedsføring, herunder navngivning og kategorisering af elprodukter, som går forud for fleksibel afregning og dynamiske elprisprodukter. I sidste ende er mulighederne for at gøre elprodukter dynamiske forholdsvis nye, og det tager tid før det forplanter sig i markedsføringen også. Men måske er der brug for nu at gentænke hvordan 'fleksibilitet', 'variabel' og 'dynamisk' skal bruges i markedsføring. Det ville formentlig skabe større gennemskuelighed for kunder, der ønsker at udnytte dagsvarierende priser på el.

³⁰<https://norlys.dk/erhverv/el/produkter/flexel?cp=west&id=2063>

³¹ Den grønne mærkningsordning er opfundet af Forbrugerombudsmanden og flere andre aktører i energibranchen (<https://www.forbrugerombudsmanden.dk/nyheder/forbrugerombudsmanden/pressemessages/2020/groenne-blade-skal-vidne-om-groen-stroem-i-ledningerne/>)

Noget tyder da også på, at elprodukter med dynamiske priser vinder indpas. Det ses bl.a. ved et større udvalg på Elpris.dk, baseret på udtræk fra april 2021, jf. Tabel 3, hvor 18 elprodukter nu synes at indeholde dynamiske priser. Der har altså på det seneste været en stærk stigning af antallet af dynamiske timeprisprodukter.

TABEL 3. Oversigt over forskellige elhandelsselskabers betegnelser til dynamiske elprodukter. Information fra Elpris.dk fra april 2021.

Leverandør	Produktnavn
AURA Energi a.m.b.a.	FlexEI
AURA Energi a.m.b.a.	FlexEI Vind
Barry Danmark ApS	Strøm til indkøbspris
Bornholms Energi A/S	TIME-FLEX
Energi Fyn Handel A/S	SpotEI
EWII Energi	Grøn Fremtid
EWII Energi	Grøn EI til indkøbspris
goenergi a/s	go'spot energi
goenergi a/s	go'klub energi
goenergi a/s	go'vind energi
Modstrøm Danmark A/S	Klimapakken
Norlys Energi A/S	FlexEI
NRGi Elsalg A/S	NRGi Variabel med Klima
NRGi Elsalg A/S	NRGi Variabel
SEF Energi A/S	FleksVIND
True Energy ApS	Vindmøllestrøm til timepris
Verdo Go Green A/S	Go Green Night
Watts A/S	Ét skridt ekstra

Teorien tilsiger da også, at der er klare fordele ved elprodukter med dynamiske priser. I forhold til elhandelsselskabernes rolle, så er særligt fire fordele relevante (Faruqui et al., 2012):

- 1) **Reducerede engros priser:** En reduktion i energiforbrug, i perioder hvor prisen på el er højere, vil kunne reducere engros markedspriserne i den periode.
- 2) **Retfærdighed i elhandelspriser:** Hvis omkostningerne ved at producere el varierer over tidspunkter på dagen, så bør priser for slutbrugeren også gøre det.
- 3) **Lavere elregninger:** Dynamiske elpriser giver kunder muligheden for at spare på deres elregning.
- 4) **Fremme køb af grønne teknologier:** Dynamiske elpriser kan gøre det mere attraktivt at investere i grønne teknologier såsom solcelleanlæg og elbil, samt apparater med 'timer'-funktioner.

Derudover kan dynamiske elprisprodukter og indførelsen af intelligente, fjernaflæste elmålere måske forbedre relationen mellem kunde og elhandelsselskab, f.eks. ved at forbrugere har bedre muligheder for at undersøge deres elregning (Burns & Mountain, 2021), hvilket kan øge engagementet i mere elforbrugsmønstre og generelt i energiproduktion³².

³² Studier af solcelleejere har vist, at solcelleanlæg kan medføre øget engagement i deres eget elforbrugsmønster og energiproduktion, men der er også tegn på, at husstande kan blive mindre engagerede (Gram-Hanssen et al., 2020; Anders Rhiger Hansen et al., 2019).

I praksis kan man forestille sig, at øget fokus på klimaaftryk såvel som øget husstandsforbrug, som tidligere er omtalt i rapporten, blot vil skabe yderligere momentum for elprodukter med dynamiske priser. For førstnævnte gælder det, at ligesom der findes en engrospris pr. time jf. Nord Pool Spot, så findes der en 'klimaeffekt' pr. time på baggrund af de energikilder, der producerer strømmen i en given time. Det betyder altså, at forbrugere ikke alene kan vise engagement i pris/besparelspotentiale, men ligeledes i klimaeffekt, når elforbrug flyttes; fra dyre til billige timer såvel som fra sorte(re) til grønne(re). Samtidig er der sågar en sammenhæng imellem mængden af grøn strøm i nettet og elprisen. Vejen er dog ikke nødvendigvis helt ryddet for barrierer, der kan forhale udbredelsen af/interessen i elprodukter med dynamiske priser. F.eks. er det stadig sådan, at mange forbrugere afregnes aconto for 1-3 måneder ad gangen, baseret på et forventet elforbrug. Det betyder i praksis, at forbrugeren måske nok opgøres for sit reelle forbrug på timebasis – evt. ganget med en dynamisk elpris – men førend og samtidig med opgørelsen kommer en forudbetaling baseret på et forventet forbrug, hvilket til dels kan skygge for den påvirkningsgrad, som dynamiske elpriser giver på elregningen.

Der er ingen tvivl om at dynamiske elprisprodukter kommer til at fylder mere på elhandelsmarkedet i fremtiden. Måske vil fremtiden byde på mere konkurrence om visualiseringen, fx i form af overblik over (timebaseret) forbrug, priser og CO2-udledning. Det har allerede givet plads til nye spillere på markedet, der satser på netop denne niche. For eksempel markedsfører Barry og True Energy sig på deres digitale platform i form af en app³³ og Modstrøm på at hjælpe deres kunder til at 'blive mere grønne', dvs. handling i forhold til klima og miljø³⁴. Dette er måske blot de første eksempler på hvordan adgang til information bliver en kampplads fremadrettet.

³³ <https://barry.energy/dk/> og <https://www.trueenergy.io/da/>

³⁴ <https://www.modstroem.dk/privat/bliv-kunde/>

INDSIGTER OG ANBEFALINGER

3 INDSIGTER OG ANBEFALINGER

Særligt inden for det seneste årti har dynamiske elpriser for alvor gjort sit indtog på det danske elmarked. I denne rapport har vi forsøgt at skabe et overblik over udviklingen ved at klarlægge baggrunden, definere betydningen og ikke mindst præsentere, hvad elnet- og elhandelsselskaber har gjort i relation til dynamiske elpriser.

3.1 Indsigter

Elnetselskaberne står overfor flere udfordringer i udformningen af fremtidens elsystem. En løsning er at skabe øget energifleksibilitet. For at få det har elnetselskaberne blandt andet taget dynamiske elpriser, i form af tidsdifferentierede (eller to-delte) tariffer, i brug. Seks selskaber har således (fra april 2021) tidsvarierende tariffer med væsentlige forskelle mellem spidsbelastningsperioder (kl. 17-20 i vinterhalvåret) og resten af dagen, hvilket kan karakteriseres som Time-of-Use (ToU) tariffer.

Elhandelsselskaberne har for nyligt taget dynamiske elprisprodukter til sig, og selvom det stadig er en relativt lille andel af produkterne på markedet, som er dynamiske, så ser det ud til, at udbuddet af dynamiske prisprodukter er stærkt stigende. Indtil nu har det næsten udelukkende været Real-Time Pricing (RTP) produkter, som er blevet udbudt, men måske vil fremtiden byde på større nytænkning. De første indikationer på dette kan måske findes i nye (niche) elhandelsselskaber, som markedsfører sig på digitale løsninger i form af en app, der kan visualisere forbrug på timebasis. Indtil nu har de dynamiske prisprodukter benyttet sig af mange forskelligartede betegnelser, selvom de i grunden er RTP. Ligeledes har produkter, som reelt ikke baserer sig på timevarierende priser, lydt som dynamiske prisprodukter. De mange betegnelser og uklarhed om indholdet i produkterne er ikke fordelagtig for en fortsat udbredelse af sådanne produkter, samt for udbredelse af viden og forståelsen af dynamiske prisprodukter.

Vi har problematiseret den direkte relation mellem prissignal og forbrug. Måske bør fokus flyttes fra signal om (tidsvarierende) *prissætning* til det *dynamiske* i sig selv (Strengers, 2019). Med andre ord er signalet om *variabilitet* og *dynamik* om dagen vigtigere end signalet om den eksakte prissætning. På den måde afspejler signalet i dynamiske elpriser bedre de hverdagsrytmer og rutiner, som skal ændres for at skabe energifleksibilitet i husstandes energibehov (Friis & Christensen, 2016; Nicholls & Strengers, 2015; Strengers, 2019). Hvis påvirkning af husstandes forbrugsmønstre kræver, at *dynamikken* indlejres i (kropslige) vaner og (ubevidste) rutiner, så stemmer det overens med forskningen i dette. For eksempel påpeges det, at simple prisprodukter er mere populære (Nicolson et al., 2018), at opt-out er mere effektivt end opt-in (Nicolson et al., 2018), at enkelhed og tydelige prisforskelle bliver anbefalet (Faruqui et al., 2012; Kessels et al., 2016), at for meget information kan være skadeligt (Christensen et al., 2020), samt at prisincitamenter med fordel kan suppleres med andre meningsfulde og håndgribelige signaler, for eksempel med henvisning til at det er godt for klimaet eller for (energi)fællesskabet. Det kræver et skift fra fokus på det reflekterede og velovervejede valg til den ubevidste og vanemæssige praksis (Warde, 2005). Dertil kan lægges den træghed i hverdagsrytmer og rutiner som forpligtende fællesskaber (fx organisering af familieliv), samfundets rytmer (fx åbnings- og arbejdstider), teknologiers egen-skaber, samfundsnormer, vejrforhold m.v. skaber (Blue et al., 2020). At flytte forbrug handler måske om at skabe en simpel tommelfingerregel (Christensen et al., 2020), som at strøm er

billigere om natten (naturlig cyklus), eller når vinden blæser (ligesom nogle solcelleejere tænker på penge, når solen skinner (Jacobsen et al., 2019)), snarere end at følge variationer i priserne i løbet af en dag.

Det kunne fremtidige studier undersøge. I bedste fald ved at sammenligne respons på lignende forhold med forskellige pristyper. Eller til en start ved at spørge husstande indtil, hvordan de gør, fx ift. automatisering og ikke automatisering.

Måske skal fokus flyttes fra fleksible, aktive forbrugere til fleksible, aktive hverdagspraksisser eller måske skal, der tænkes 'ud af boksen' i forhold til, hvordan forbrugere skal 'aktiveres' og forbrug gøres mere 'fleksibelt' (se fx Christensen et al. (2019)). 'Fleksible' produkter er en nødvendighed, men en timer-funktion skal ikke blot designes til fleksibilitet, den skal også anvendes og tilpasses til husstandes hverdagspraksisser, hvor fokus måske snarere er på støj, sikkerhed, og komfort. Fokus på fleksible praksisser sætter forbrugeren til side og fokuserer i stedet på, hvordan de anvender apparater, teknologier osv. Det vil sige, at apparater og teknologiers evne til fleksibilitet (fx timerfunktion, design, vaskeprogrammer), og hvad formålet med hverdagspraksisserne er (fx handler nogle praksisser om at tage sig af sin familie eller få en hverdag til at hænge sammen) bliver det centrale. Risikoen ved at antage en direkte relation mellem prissignal og forbrugeradfærd er, at det mistolker, hvordan spidsbelastninger skabes, opretholdes og ændres over tid som helt naturlige dynamiske processer og dermed også misfortolker, hvilken effekt dynamiske elpriser har for forbrug, samt hvordan deres betydning i så fald skal forstås. Med andre ord er risikoen, at almindelige husstandes evne til at tidsforskyde deres forbrug overvurderes. Derudover kan potentialet i at reducere snarere end at tidsforskyde elforbrug måske fremhæves, hvilket både er godt for husstandes pengepung og spidsbelastning af elnettet.

3.2 Anbefalinger

Dynamiske elpriser, hvor prisen på el varierer i løbet af dagen, er ikke et nyt fænomen. Man kan måske endda sige, at dynamiske elpriser afspejler en mere naturlig relation mellem energiproduktion og energibehov (Coutard & Shove, 2019; Decker, 2020).

Som følge af energiaftalen fra 2018 blev der nedsat en arbejdsgruppe, der skulle undersøge eltariffer. I deres første rapport vurderer de, at der ikke er "[...] lovmæssige barrierer mod en højere grad af tidsdifferentiering, hverken for så vidt angår en mere gradueret tidsopdeling eller en større variation i priserne" (Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2020). Derudover er timeaflyste elmålere er på plads, mange husstandsteknologier har mulighed for automatisk udsættelse af start og dynamiske prisprodukter er på markedet. Så hvad mangler der? Herunder har vi opsummeret en række problematikker, som er blevet nævnt i denne rapport eller tidligere undersøgelser:

- Er potentialet (og dermed gevinsten) for den enkelte husstand stort nok til at flytte noget? Det gælder særligt hvis man ser bort fra husstande med varmepumpe og/eller elbil (Frits Møller Andersen et al., 2017).
- Er det økonomiske incitament stærkt nok (Katz, 2014; Katz et al., 2018)? Det er jo kun højest en tredjedel af regningen, der kan være dynamisk.
- Er husstande 'aktive' og 'engagerede' nok? Forsyningssikkerheden er jo høj og stabil.
- Er almindelige husstande klar over, hvilke dynamiske produkter, der er på markedet, hvorvidt det er fordelagtigt at forbruge el på en anden måde, og at det ikke nødvendigvis går ud over deres sikkerhed, bekvemmelighed eller hverdagsliv?

- Eller er de ovennævnte argumenter for træghed i hverdagspraksisserne for stærke? Vi har jo så meget andet at tænke på.

I sidste ende er spørgsmålet selvfølgelig også, om det er de rette produkter, der er på markedet til at få husstande til at vælge dynamiske prisprodukter og til at tilpasse deres forbrug til produktion af el. Måske skal der andre midler i brug såsom dynamisk beskatning af el (Katz et al., 2018; Kitzing et al., 2016).

På baggrund af dette vil vi gerne anbefale følgende (se også A. R. Hansen et al. (2021)) for anbefalinger rettet mere mod et europæisk publikum):

- At der integreres forskellige perspektiver på energifleksibilitet. For eksempel bruger forbrugerne og elnet- og elhandelsselskaberne ikke altid samme betegnelser, og de ser måske forskelligt på fleksibelt elforbrug. Det handler også i høj grad om, at fremtidig forskning og policy skal sammentænke processer af produktion, distribution, salg og forbrug af el (og hverdagsliv). Fx ved klart at definere forskellige roller og formål med energifleksibilitet.
- At nye dynamiske elprisprodukter udtænkes. Forskningen peger på, at simple prisprodukter med faste tariffer er mere efterspurgt. Ligeledes kan dynamiske prisprodukter i en dansk kontekst bedst betale sig for husstande med elbil og/eller varmepumpe.
- At der fokuseres på, hvordan husstande (for)bruger el i løbet af dagen. Hverdagsrytmer og rutiner er måske mere træge end først antaget blandt andet som følge af samfundets rytmer og normer.
- At det gøres mere klart, hvad et dynamisk elprisprodukt er. Der anvendes mange betegnelser for stort set det samme. Det kunne formentlig være fordelagtigt at ensarte definitionen af forskellige typer af produkter.

Denne rapport er første led i et projekt, som vil undersøge netop forbrugernes rolle i forhold til, hvilke husstande der tiltrækkes af dynamiske elprisprodukter, hvorvidt det får dem til at ændre deres forbrugsmønstre, og hvordan de i så fald gør det. Det overordnede fokus er dog at få svar på om dynamiske elpriser virker efter hensigten, og hvilke andre konsekvenser det kan have.

LITTERATURLISTE

4 LITTERATURLISTE

Videnskabelige artikler og rapporter

Allcott, H. (2011). Rethinking real-time electricity pricing. *Resource and Energy Economics*, 33(4), 820–842. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2011.06.003>

Andersen, F. M., Larsen, H. V., & Boomsma, T. K. (2013). Long-term forecasting of hourly electricity load: Identification of consumption profiles and segmentation of customers. *Energy Conversion and Management*, 68, 244–252. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.01.018>

Andersen, Frits Møller, Baldini, M., Hansen, L. G., & Jensen, C. L. (2017). Households' hourly electricity consumption and peak demand in Denmark. *Applied Energy*, 208, 607–619. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.09.094>

Bartusch, C., & Alvehag, K. (2014). Further exploring the potential of residential demand response programs in electricity distribution. *Applied Energy*, 125, 39–59. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.03.054>

Bartusch, C., Wallin, F., Odlare, M., Vassileva, I., & Wester, L. (2011). Introducing a demand-based electricity distribution tariff in the residential sector: Demand response and customer perception. *Energy Policy*, 39(9), 5008–5025. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.06.013>

Blue, S., Shove, E., & Forman, P. (2020). Conceptualising flexibility: Challenging representations of time and society in the energy sector*. *Time & Society*, 0961463X20905479. <https://doi.org/10.1177/0961463X20905479>

Burns, K., & Mountain, B. (2021). Do households respond to Time-Of-Use tariffs? Evidence from Australia. *Energy Economics*, 7.

Carreiro, A. M., Jorge, H. M., & Antunes, C. H. (2017). Energy management systems aggregators: A literature survey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73, 1160–1172. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.179>

- Caves, D. W., & Christensen, L. R. (1980a). Econometric analysis of residential time-of-use electricity pricing experiments. *Journal of Econometrics*, 14(3), 287–306.
- Caves, D. W., & Christensen, L. R. (1980b). Residential substitution of off-peak for peak electricity usage under time-of-use pricing. *The Energy Journal*, 1(2).
- Caves, D. W., Christensen, L. R., & Herriges, J. A. (1984). Consistency of residential customer response in time-of-use electricity pricing experiments. *Journal of Econometrics*, 26(1–2), 179–203.
- Caves, D. W., Christensen, L. R., & Herriges, J. A. (1987). The neoclassical model of consumer demand with identically priced commodities: An application to time-of-use electricity pricing. *The Rand Journal of Economics*, 564–580.
- Caves, D. W., Herriges, J. A., & Kuester, K. A. (1989). Load shifting under voluntary residential time-of-use rates. *The Energy Journal*, 10(4).
- Christensen, T. H., Friis, F., Bettin, S., Throndsen, W., Ornetzeder, M., Skjølsvold, T. M., & Ryghaug, M. (2020). The role of competences, engagement, and devices in configuring the impact of prices in energy demand response: Findings from three smart energy pilots with households. *Energy Policy*, 137, 111142.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111142>
- Coutard, O., & Shove, E. (2019). Infrastructures, Practices and the Dynamics of Demand. In *Infrastructures in Practice—The Dynamics of Demand in Networked Societies*. Routledge.
- Dansk Energi. (2019). *Elbilerne kommer—Det er et politisk valg, hvordan vi sikrer, at elnettet bliver klart*.
- Dansk Energi, & Energinet.dk. (2010). *Smart Grid i Danmark*.
- Dansk Energi, & Energinet.dk. (2012). *Smart grid i Danmark 2.0—Implementering af tre centrale anbefalinger fra smart grid netværket*.
- Darby, S. J., & McKenna, E. (2012). Social implications of residential demand response in cool temperate climates. *Energy Policy*, 49, 759–769. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.07.026>

- De Frie Energiselskaber, & Kile Kommunikation. (2020). *Veje til øget fleksibilitet i det danske energisystem*.
- Decker, K. D. (2020). Reorienting the Economy to the Rhythms of Nature: Learning to Live with Intermittent Energy Supply. *American Journal of Economics and Sociology*, 79(3), 877–905. <https://doi.org/10.1111/ajes.12333>
- EA Energianalyse. (2020). *Roadmap for elektrificering i Danmark*.
- Energistyrelsen. (2020a). *Basisfremskrivning 2020 – Danmarks Klima- og Energifremskrivning* (p. 64). https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Basisfremskrivning/basisfremskrivning_2020-webtilg.pdf
- Energistyrelsen. (2020b). *Energistatistik 2019* (p. 60). https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Statistik/energistatistik2019_dk-webtilg.pdf
- Faruqui, A., Hledik, R., & Palmer, J. (2012). *Time-Varying and Dynamic Rate Design* (Global Power Best Practice Series). Regulatory Assistance Project. <http://www.raponline.org/wp-content/uploads/2016/05/rap-faruquihledikpalmer-timevaryingdynamicratedesign-2012-jul-23.pdf>
- Faruqui, A., & Sergici, S. (2010). Household response to dynamic pricing of electricity: A survey of 15 experiments. *Journal of Regulatory Economics*, 38(2), 193–225.
- Faruqui, A., Sergici, S., & Warner, C. (2017). Arcturus 2.0: A meta-analysis of time-varying rates for electricity. *The Electricity Journal*, 30(10), 64–72. <https://doi.org/10.1016/j.tej.2017.11.003>
- Fell, M. J. (2019). Just flexibility? *Nature Energy*, 1–2. <https://doi.org/10.1038/s41560-019-0510-3>
- Forsyningstilsynet. (2020). *Grøn omstilling og økonomisk regulering—Analyse af mulige ændringer til regulering*.
- Friis, F., & Christensen, T. H. (2016). The challenge of time shifting energy demand practices: Insights from Denmark. *Energy Research & Social Science*, 19, 124–133. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2016.05.017>

- Gram-Hanssen, K. (2011). Understanding change and continuity in residential energy consumption. *Journal of Consumer Culture*, 11(1), 61–78.
<https://doi.org/10.1177/1469540510391725>
- Gram-Hanssen, K., Hansen, A. R., & Mechlenborg, M. (2020). Danish PV Prosumers' Time-Shifting of Energy-Consuming Everyday Practices. *Sustainability*, 12(10), 4121.
- Hansen, A. R., Trotta, G., Hoelgaard, P. H., & Andersen, Jonas Lund. (2021, June). Demanding, distributing and selling energy flexibility: How dynamic tariffs entered the Danish electricity market and what to do next. *ECEEE 2021 Summer Study Proceedings*.
- Hansen, Anders Rhiger. (2018). Heating homes: Understanding the impact of prices. *Energy Policy*, 121, 138–151. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.06.021>
- Hansen, Anders Rhiger, Friis, F., Jacobsen, M. H., & Gram-Hanssen, K. (2019). Three forms of energy prosumer engagement and their impact on time-shifting electricity consumption. *ECEEE 2019 Summer Study Proceedings*, 2019.
- Hansen, Anders Rhiger, Gram-Hanssen, K., Thybo, G. W., Engdal, J. V., & Lauritsen, E. S. (2018). *Private solcelleanlæg i Danmark: Hvem har købt? Og under hvilke forhold?* (Polyteknisk Boghandel og Forlag ApS, p. 54).
- Hayes, A. S. (2020). The Behavioral Economics of Pierre Bourdieu: *Sociological Theory*.
<https://doi.org/10.1177/0735275120902170>
- Henley, A., & Peirson, J. (1998). Residential energy demand and the interaction of price and temperature: British experimental evidence. *Energy Economics*, 20(2), 157–171.
[https://doi.org/10.1016/S0140-9883\(97\)00025-X](https://doi.org/10.1016/S0140-9883(97)00025-X)
- Herter, K., & Wayland, S. (2010). Residential response to critical-peak pricing of electricity: California evidence. *Energy*, 35(4), 1561–1567.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2009.07.022>
- Jacobsen, M. H., & Hansen, A. R. (2019). (Re)introducing embodied practical understanding to the sociology of sustainable consumption. *Journal of Consumer Culture*, 1469540519846213. <https://doi.org/10.1177/1469540519846213>

- Jacobsen, M. H., Hansen, A. R., & Gram-Hanssen, K. (2019). *Hverdagsliv med solceller og motivation for køb: Spørgeskemaundersøgelse blandt private solcelleejere i Danmark* (No. 05; p. 42). Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet.
- Junker, R. G., Azar, A. G., Lopes, R. A., Lindberg, K. B., Reynders, G., Relan, R., & Madsen, H. (2018). Characterizing the energy flexibility of buildings and districts. *Applied Energy*, 225, 175–182. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.05.037>
- Katz, J. (2014). Linking meters and markets: Roles and incentives to support a flexible demand side. *Utilities Policy*, 31, 74–84. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2014.08.003>
- Katz, J., Andersen, F. M., & Morthorst, P. E. (2016). Load-shift incentives for household demand response: Evaluation of hourly dynamic pricing and rebate schemes in a wind-based electricity system. *Energy*, 115, 1602–1616. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.07.084>
- Katz, J., Kitzing, L., Schröder, S. T., Andersen, F. M., Morthorst, P. E., & Stryg, M. (2018). Household electricity consumers' incentive to choose dynamic pricing under different taxation schemes. *WIREs Energy and Environment*, 7(1), e270. <https://doi.org/10.1002/wene.270>
- Kessels, K., Kraan, C., Karg, L., Maggiore, S., Valkering, P., & Laes, E. (2016). Fostering Residential Demand Response through Dynamic Pricing Schemes: A Behavioural Review of Smart Grid Pilots in Europe. *Sustainability*, 8(9), 929. <https://doi.org/10.3390/su8090929>
- Kitzing, L., Katz, J., Schröder, S. T., Morthorst, P. E., & Andersen, F. M. (2016). *The residential electricity sector in Denmark: A description of current conditions* (p. 37). Department of Management Engineering, Technical University of Denmark.
- Klima-, Energi- og Bygningsministeriet. (2013). *Smart Grid-Strategi—Fremtidens intelligente energisystem*. Klima-, Energi- og Bygningsministeriet.
- Klima-, Energi- og Bygningsministeriet. (2020). *Tarifarbejdet—Afrapportering fra arbejdsgruppen*.
- Klimarådet. (2016). *Kapacitetsordning—En model for brugerfinansiering af PSO-omkostningen*.

- Lov om ændring af lov om elforsyning, 2196 Lovtidende A (2020).
- Møller Andersen, F., Grenaa Jensen, S., Larsen, H. V., Meibom, P., Ravn, H., Skytte, K., & Togeby, M. (2006). *Analyses of demand response in Denmark* (RISO-R--1565(EN)). Risø National Laboratory.
http://inis.iaea.org/Search/search.aspx?orig_q=RN:38013867
- Monitor Deloitte, & Eurelectric. (2020). *Connecting the dots: Distribution grid investment to power the energy transition*.
- Moura, P. S., & de Almeida, A. T. (2010). The role of demand-side management in the grid integration of wind power. *Applied Energy*, 87(8), 2581–2588.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.03.019>
- Nicholls, L., & Strengers, Y. (2015). Peak demand and the ‘family peak’ period in Australia: Understanding practice (in)flexibility in households with children. *Energy Research & Social Science*, 9, 116–124. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2015.08.018>
- Nicolini, D. (2009). Zooming In and Out: Studying Practices by Switching Theoretical Lenses and Trailing Connections. *Organization Studies*, 30(12), 1391–1418.
<https://doi.org/10.1177/0170840609349875>
- Nicolson, M. L., Fell, M. J., & Huebner, G. M. (2018). Consumer demand for time of use electricity tariffs: A systematized review of the empirical evidence. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 97, 276–289.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.08.040>
- Nordic Council of Ministers. (2017). *Demand side flexibility in the Nordic electricity market*. Nordic Council of Ministers. <https://doi.org/10.6027/TN2017-564>
- Olesen, B., & Thorndal, J. (2004). *Da danske hjem blev elektriske 1900-2000*. Kvindemu-seets Forlag.
- Powells, G., & Fell, M. J. (2019). Flexibility capital and flexibility justice in smart energy systems. *Energy Research & Social Science*, 54, 56–59.
<https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.03.015>
- Radius Business Mangement. (2019). *Effekt af tidsdifferentierede elnet-tariffer: Analyse af timedata for udvalgte kunder*. Radius.

- Renner, S., Albu, M., van Elburg, H., Heinemann, C., Łazicki, A., Penttinen, L., Puente, F., & Sæle, H. (2011). *European Smart Metering Landscape Report* (p. 168). Austrian Energy Agency.
- Shove, E. (2004). Efficiency and consumption: Technology and practice. *Energy & Environment*, 15(6), 1053–1065.
- Shove, E., Pantzar, M., & Watson, M. (2012). *The Dynamics of Social Practice: Everyday Life and how it Changes*. Sage.
- Shove, E., & Walker, G. (2014). What Is Energy For? Social Practice and Energy Demand. *Theory, Culture & Society*, 31(5), 41–58.
<https://doi.org/10.1177/0263276414536746>
- Shove, E., & Warde, A. (2002). Inconspicuous Consumption: The Sociology of Consumption, Lifestyles, and the Environment. In R. E. Dunlap, F. H. Buttel, P. Dickens, & A. Gijswijt (Eds.), *Sociological Theory and the Environment: Classical Foundations, Contemporary Insights* (pp. 230–251). Rowman & Littlefield Publishers.
- Bekendtgørelse af lov om afgift af elektricitet, 1321 LBK (2020).
- Southerton, D. (2003). 'Squeezing Time' Allocating Practices, Coordinating Networks and Scheduling Society. *Time & Society*, 12(1), 5–25.
<https://doi.org/10.1177/0961463X03012001001>
- Southerton, D. (2006). Analysing the Temporal Organization of Daily Life: Social Constraints, Practices and their Allocation. *Sociology*, 40(3), 435–454.
<https://doi.org/10.1177/0038038506063668>
- Southerton, D. (2020). *Time, Consumption and the Coordination of Everyday Life*. Palgrave Macmillan UK. <https://doi.org/10.1057/978-1-349-60117-2>
- Strengers, Y. (2010). Air-conditioning Australian households: The impact of dynamic peak pricing. *Energy Policy*, 38(11), 7312–7322. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.08.006>

- Strengers, Y. (2019). Prices as instruments of demand management: Interpreting the signals. In E. Shove & F. Trentmann (Eds.), *Infrastructures in Practice—The Dynamics of Demand in Networked Societies* (pp. 184–197).
<https://doi.org/10.4324/9781351106177-19>
- Thaler, R. H., & Sunstein, C. R. (2012). *Nudge: Improving Decisions About Health, Wealth and Happiness*. Penguin UK.
- Torriti, J. (2012). Price-based demand side management: Assessing the impacts of time-of-use tariffs on residential electricity demand and peak shifting in Northern Italy. *Energy*, 44(1), 576–583. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.05.043>
- Torriti, J. (2015). *Peak Energy Demand and Demand Side Response*. Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9781315781099>
- Torriti, J., Hassan, M. G., & Leach, M. (2010). Demand response experience in Europe: Policies, programmes and implementation. *Energy*, 35(4), 1575–1583.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2009.05.021>
- Trotta, G. (2020). An empirical analysis of domestic electricity load profiles: Who consumes how much and when? *Applied Energy*, 275, 115399. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115399>
- UK Power Networks. (2014). *Low Carbon London Project Progress Report*.
- Walker, G. (2014). The dynamics of energy demand: Change, rhythm and synchronicity. *Energy Research & Social Science*, 1, 49–55.
<https://doi.org/10.1016/j.erss.2014.03.012>
- Warde, A. (2005). Consumption and theories of practice. *Journal of Consumer Culture*, 5(2), 131–153.
- Warde, A. (2017). *Consumption*. Palgrave Macmillan UK. <https://doi.org/10.1057/978-1-137-55682-0>
- Yousefi, S., Moghaddam, M. P., & Majd, V. J. (2011). Optimal real time pricing in an agent-based retail market using a comprehensive demand response model. *Energy*, 36(9), 5716–5727. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.06.045>

Avisartikler³⁵

Politiken, 1983, 20. december, "Billigere el til store forbrugere"
Ingeniøren, 1984, 16. november, "Dansk el-prismåler kan måske gøre strømmen billigere"
Ingeniøren, 2001a, 17. august, "Tariffer modarbejder fleksibelt elforbrug"
Ingeniøren 2001b, 17. august, "Fleksibelt forbrug kan spare et elværk"
Ingeniøren, 2002, 7. juni, "Firmaer skal teste fleksibelt elforbrug"
Politiken, 2001, 1. oktober, "Spar på strømmen og få dobbelt gevinst"
Ingeniøren, 2002, 13. september "Turbulens i elsystemet"
Politiken, 2004, 21. juni, "Familier accepterer strømafbrydelser"
Ingeniøren, 2004, 25. juni, "Forbrugerne skal sikre elforsyningen"
Ingeniøren, 2007, 16. marts, "Strøm på tilbud er lige om hjørnet"
Ingeniøren, 2008, 21. november, "Elsystemet: Syd Energi melder klar til fremtidens elsystem"
Dansk Energi, 2009, 2. november, "Connie Hedegaard: Fælles strategi om fleksibelt elforbrug"
Ingeniøren, 2009, 29. oktober, "Connie Hedegaard forhandler med elseskaberne om intelligente målere"
Dansk Energi, 2010, 1. februar, "Tariffer og afgifter skal understøtte et mere fleksibelt elforbrug"
Dansk Energi, 2010a, 6. april, "Første selskab i mål med fjernaflæste målere"
Dansk Energi, 2010b, 9. juni "Ønskes: National strategi for intelligente net"
Dansk Energi, 2010c, 16. november, "Dansk Energi ser positivt på "smarte" eltariffer"
Dansk Energi, 2011, 5. september, "Solceller udfordrer spændingskvaliteten"
Dansk Energi, 2012a, 23. april, "Bevidste kunder flytter elforbrug"
Dansk Energi, 2012b, 15. oktober, "Timeafregning af elforbrug nødvendigt for smart grid"
Dansk Energi, 2019, 5. marts, "Første netselskaber melder klar til fuld flexafregning"
Politiken, 2020, 3. maj, " Danskerne skifter elseskab som aldrig før"
Dansk Energi, 2020a, 10. april, "Danskerne skifter elhandler som aldrig før"
Dansk Energi, 2020b, 19. oktober, "Ny tarifmodel er anmeldt til Forsyningstilsynet"
Dansk Energi, 2020c, 17. juni, "Sådan skal omkostningen til elnettet fordeles"
Dansk Energi, 2020d, 20. januar, "Ny tarifmodel går mod differentiering og betaling for effekt"
Dansk Energi, 2021, 12. januar, "Nu skal vi tænke i strøm time for time"

³⁵ Dansk Energi kan både referere til Nyhedsbrevet Dansk Energi eller anden kommunikation fra Dansk Energi, da de til tider er svære at adskille.

Denne rapport fortæller, hvordan dynamiske elpriser, hvor prisen på én kWh varierer i løbet af dagen, har indtaget det danske el-marked. Udover at kortlægge hidtidige dynamiske prisprodukter, så dykker rapporten også ned i forskning i energifleksibilitet, dynamiske prisprodukter og hverdagslivets rytmer.

Implementeringen af dynamiske elpriser er primært motiveret af en nødvendig bæredygtig omstilling af det danske energisystem, som kræver udjævning eller reduktion af elektricitetsbehovet i spidsbelastningsperioder.

Rapporten berører og diskuterer centrale spørgsmål i forhold til den fortsatte udbredelsen af, og respons på, dynamiske elpriser. Det handler primært om, hvorvidt dynamikken i prissætning harmonerer med dynamikken i hverdagslivets rytmer og rutiner, om incitamentet for den enkelte husstand er stærkt nok, om de dynamiske elprisprodukter på markedet afspejler forskellige husstandes behov, men vigtigst, om dynamiske elpriser påvirker husstandes energibehov. Det sidste spørgsmål kræver en empirisk undersøgelse af, hvordan dynamiske prissignaler kan påvirke dynamikken, timingen og organiseringen af hverdagslivets rutiner.

Rapporten er den første udgivelse fra projektet *Flexafregning og energieffektivitet: fører fleksibel afregning til mere effektiv el-anvendelse?* Projektet er finansieret af EL-FORSK og udføres i samarbejde mellem BUILD, Aalborg Universitet, Norlys Energi og SEAS-NVE.



BUILD
AALBORG UNIVERSITET